ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU MERCREDI 21 AVRIL 1954.

PRÉSIDENCE DE M. LOUIS FAGE.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS
DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

PHYSIQUE CORPUSCULAIRE. — *Indication à l'appui de l'existence de deux types de mésons lourds donnant un méson μ secondaire.* Note de MM. **Tchang Fong Hoang, Louis Jauneau, Georges Kayas, Louis Leprince-Ringuet, Daniel Morellet**, Mlle **Agnès Orkin-Lecourtois** et M. **Jacques Trembley**.

Un méson lourd au repos donnant comme secondaire un méson μ de 33 MeV s'arrêtant dans l'émulsion a été observé. La masse du primaire mesurée par quatre méthodes est 1170 ± 54, elle apparaît comme différente de celle du $K\mu$ (914 ± 20) de façon significative. Ce résultat s'ajoutant aux observations déjà publiées montre qu'il existe très probablement deux types de mésons K donnant tous deux un μ.

Au cours du dépouillement d'émulsions sans support provenant du vol de Sardaigne 1953, nous avons observé 25 événements correspondant à l'arrêt de mésons lourds. Parmi eux, un cas est particulièrement intéressant (1) : il s'agit d'un méson lourd qui se désintègre au repos en donnant un secondaire bien identifié comme méson μ; ce secondaire s'arrête en effet et donne un électron de désintégration caractéristique du μ. L'énergie du μ est $33 \pm 1,0$ MeV; la détermination directe de sa masse montre également bien qu'il s'agit d'un μ. Le seul exemple publié jusqu'à présent, dans lequel un méson μ secondaire d'un K est identifié par sa désintégration au repos est le $\varkappa_2$ de O'Ceallaigh (2).

Masse du primaire. — La longueur du primaire est de 10 000 μ. Sa masse a pu être mesurée par les quatre méthodes suivantes :

Méthode photométrique pour la mesure de l'ionisation (3);

Comptage des grains;

---

(1) Ce phénomène a fait l'objet d'une communication préliminaire au Congrès de Rochester, janvier 1954.

(2) O'Ceallaigh, *Phil. Mag.*, 42, 1951, p. 1032.

(3) D. Morellet, *Thèse*, Paris, 1953; Congrès de Bagnères, juillet 1953.

Comptage des lacunes ([4]);

« Scattering » en fin de parcours ([5]).

Chacune de ces méthodes a été contrôlée sur plusieurs dizaines de particules connues de grande longueur (protons ou mésons π), les résultats sont les suivants :

Méthode photométrique : $M = 1\,240 \pm 80$;

Méthode des lacunes : $M = 1\,300 \pm 175$;

Comptage des grains : $M = 1\,050 \pm 100$;

Scattering : $M = 935 \pm 165$.

Si l'on admet que l'on peut pondérer les quatre mesures, ce qui en fait n'est pas tout à fait correct car elles ne sont pas entièrement indépendantes, on trouve pour ce méson K la masse suivante :

$$\boxed{M_K = 1\,170 \pm 54.}$$

alors que sept mesures effectuées sur trois mésons τ ont donné $M_\tau = 950 \pm 45$.

Il nous apparaît que cette masse ($1\,170 \pm 54$) est différente de celle du $K\mu$ ([6]), puisqu'elle en est distante d'environ quatre écarts-type.

Par ailleurs, les mesures de masse effectuées sur les meilleurs des autres mésons K observés par nous sont compatibles avec la masse du $K\mu$ et le secondaire est chaque fois compatible avec un μ de grand moment : (la méthode photométrique, qui semble actuellement être la plus précise, donne sur trois K primaires $M = 890 \pm 40$.

En conséquence, il nous apparaît que parmi les mésons du type K (le méson τ étant exclus) observés dans les émulsions photographiques nous devons distinguer deux espèces différentes. L'une d'elles étant en accord avec le $K\mu$ nous savons que pour ce dernier le secondaire est nécessairement un μ, de par des considérations énergétiques. Mais à côté de cette particule il existe probablement un autre méson K, confirmant la suggestion de O'Ceallaigh ([7]), reprise par Powell ([8]) au Congrès de Bagnères-de-Bigorre, c'est-à-dire possédant une masse supérieure à 1000 et donnant un méson μ avec un spectre continu. Les masses des primaires publiées soit pour le $\varkappa_2$ de O'Ceallaigh ([2]), soit pour les autres $\varkappa$ dont le secondaire est probablement un μ sans toutefois

---

([4]) G. Kayas, *J. Phys. Rad.*, 15, 1953, p. 34.

([5]) C. Dilworth, S. Goldsack, L. Hirschberg, S. Biswas, C. George, D. Lal, Yash-Pal et B. Peters, Congrès de Bagnères, juillet 1953; B. d'Espagnat, C. Mabboux, A. Orkin-Lecourtois et J. Trembley, *ibid.*

([6]) B. Gregory, A. Lagarrigue, L. Leprince-Ringuet, F. Muller et Ch. Peyrou, *Nuovo Cimento*, 11, 1954, p. 292.

([7]) Congrès de Bagnères, juillet 1953.

([8]) *Ibid.*

s'arrêter dans l'émulsion, ne sont pas incompatibles avec cette hypothèse. La masse d'un primaire de V chargé lent récemment observé au Junfraujoch ([9]) n'est pas non plus incompatible avec cette hypothèse.

AGRONOMIE. — *Place des facteurs physiques dans le syndrome caractérisant un sol au point de vue de sa capacité de production.* Note de MM. **Albert Demolon** et **Stéphane Hénin**.

Ainsi que nous l'avons indiqué antérieurement ([1]), la courbe traduisant la variation du rendement y en fonction d'un élément fertilisant peut être représentée par la formule $y = b(x_0 + x_e) - c(x_0 + x_e)^2$, dans laquelle x_0 est la richesse initiale du sol et x_e l'apport sous forme d'engrais.

Évaluer la capacité de production actuelle d'un sol donné revient à déterminer la valeur de x_0, c'est-à-dire un facteur chimique et le niveau des facteurs physiques dont l'effet est exprimé par les coefficients b et c. L'expression $b^2/4c$ ([1]) mesure le maximum de production possible par aménagement du milieu chimique. Ce n'est pas là la capacité maximum du sol ; celle-ci peut encore être augmentée par une modification du milieu physique qui se traduira par un accroissement de b ou par la diminution de c. La valeur de dy/dx, soit $(b - cx)$, dépend en effet de b et c. Si son état physique est défectueux, un sol chimiquement pauvre paraîtra suffisamment riche puisqu'il réagira peu à un apport d'engrais. D'autre part, deux sols présentant à l'analyse la même valeur de leur stock (x_0) pourront réagir de façon différente à une même fumure.

Ainsi non seulement les facteurs physiques interviennent pour commander la capacité de production maximum, mais, par surcroît, ils influencent les jugements que l'on peut porter sur l'état chimique du milieu. Leur étude est donc déterminante pour apprécier la capacité de production tant actuelle que maximum d'un sol donné.

Les deux facteurs physiques essentiels sont la *structure* et la *capacité pour l'eau;* leur étude peut donner lieu à des mesures quantitatives; mais étant donné qu'ils n'interviennent pas de la même façon pendant toute l'année, l'examen d'un certain nombre de caractères pédologiques constitue à cet égard un utile élément de diagnostic.

La structure du sol commande son aération. Les sols à éléments fins comme les limons contenant moins de 10 ou 12 % d'agrégats supérieurs à 0,2 mm sont généralement battants; la germination y est mauvaise pendant les années humides. Pendant tout le cycle végétatif, la croissance des végétaux dépend de la teneur en air du sol. Des données anciennes indiquent comme teneur

---

([9]) J. S. Buchanan, W. A. Cooper, D. D. Miller et L. A. Newth, Communication privée.

([1]) A. Demolon, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 537.

en air minimum des valeurs variant de 5 % pour les prairies à 15 % pour les betteraves. Dans une expérience sur blé où la teneur en air a été maintenue constante, l'un de nous a constaté l'augmentation continue de la récolte avec l'accroissement de la teneur en air de 7,2 à 19,4 % ([2]).

Toutefois, cette teneur tendant à croître quand le sol se dessèche il s'ensuit qu'il convient de déterminer non pas une teneur quelconque, mais la capacité minima pour l'air correspondant à la teneur du sol lorsque son humidité est au voisinage de sa capacité de rétention pour l'eau. Le manque d'aération pendant une période prolongée laisse des traces visibles dans le profil : citons parmi celles-ci l'aspect plus ou moins compact de la structure, les taches de gley, les pellicules d'oxyde de fer autour des racines, etc. Les faibles teneur en air sont fréquemment associées à un mauvais drainage ; l'accroissement de la stabilité de la structure permet d'y remédier et l'abaissement du plan d'eau conduit souvent au même résultat. Par exemple, il a été établi expérimentalement que dans nos sols de limons, les rendements maxima pour les céréales correspondaient à une profondeur du plan d'eau de 1,10 à 1,30 m ([3]).

Dans beaucoup de cas c'est l'eau qui fixe le plafond de la production et qui entraîne la fluctuation des rendements suivant les années. La réserve du sol en eau disponible pour la plante dépend de sa capacité de rétention, de son humidité au point de flétrissement et de la profondeur accessible aux racines. L'exemple suivant (tableau I) montre que ce sont là des données essentielles en ce qui concerne la valeur agricole des sols non irrigués sous notre climat.

Tableau I.

Sols d'alluvions anciennes de la Sologne bourbonnaise.

Capacité pour l'eau (% de terre sèche).	Profondeur (cm).	Nature du sous-sol.	Valeur agricole.
7,5	> 200	Sable	Lande, maigre végétation naturelle
9,6	40	Argile compacte	Inondé l'hiver, sec l'été, récolte faible 5 q de seigle
	80	»	Sain l'hiver, récolte moyenne 15 q de seigle
12,3	60	Argile	Pré sec, qualité médiocre
16,6	100	»	En culture, 20 q de blé ou seigle
17,6	80	»	» » »
35,5	> 60	Non différencié	Bonne prairie un peu humide

L'ensemble des conditions favorables que nous venons d'indiquer se trouve assuré dans les sols maraîchers arrosés ou dans les cultures sur sable avec

([2]) S. Henin, *C. R. Acad. Agric.*, 29, 1943, p. 376-378.

([3]) H. Burgevin et S. Henin, *Ann. Agr.*, 13, 1943, p. 288-294.

solution nutritive. Il est assez exceptionnel de les trouver réunies dans les sols agricoles. Nous donnons ci-après les caractères de quelques sols du bassin parisien dans lesquels on enregistre des rendements toujours élevés et qui atteignent un niveau record en année favorable. On constate qu'ils présentent une similitude frappante au point de vue de leur profil, de leur constitution physique et de leur capacité pour l'eau. On note en particulier un accroissement de leur teneur en argile dans le sous-sol et l'influence négligeable de la nature du substratum à partir de 2 m de profondeur.

Tableau II.

Sols de limon du bassin parisien atteignant une productivité record.

	Profil.	Argile. (%).	Matière organique (%).	pH.	Capacité de rétention pour l'eau (mm).	Eau utile (mm).	Macropor. en volume (au semis).	Micropor. en volume (au semis).	Rendements maxima blé (q/ha).
				Origine : Soissonnais.					
1.	A. 0 -0,40	18	3,5	7,3	80	50	0,26	0,24	70
	B. 0,40-1,80	24	1,0	–	330	180	0,16	0,30	–
					410	230			
	C. Calcaire grossier	–	–	–					
				Origine : Beauce.					
2.	A. 0 -0,30	20	2,9	7,4	80	40	0,25	0,25	60
	B. 0,30-1,50	30	1,2	–	360	160	0,14	0,30	–
					440	200			
	C. Calcaire de Beauce.	–	–	–					
3.	A. 0 -0,30	14	2,8	7,0	60	30	0,22	0,20	60
	B. 0,30-2 m	25	<1,0	–	420	190	0,15	0,30	–
					380	220			
	C. Argile à silex	–	–	–					
				Origine : Brie (de Melun).					
4.	A. 0 -0,40	18	2,5	7,1	75	40	0,20	0,25	50
	B. 0,40-1,60	25	<1,0	–	350	160	0,16	0,30	–
					425	200			
	C. Argile à meulière.	–	–	–					

Les observations précédentes font ressortir le rôle primordial des facteurs physiques; elles montrent la nécessité d'une étude complète du milieu tant pour évaluer sa capacité de production actuelle que pour déterminer les modifications qui permettront de l'amener à sa capacité de production maxima. Cette conclusion est conforme au principe que nous avons énoncé antérieurement (4) :

(4) A. Demolon et S. Henin, *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 847.

« La capacité de production d'un sol dépend de son profil mais n'atteint son maximum que si le niveau de tous les facteurs nutritifs a été correctement ajusté en fonction de sa constitution et des besoins de la culture ».

L'ensemble des données recueillies *in situ* et au laboratoire constitue un syndrome caractérisant le milieu; leur interprétation correcte relève d'agronomes avertis s'appuyant sur une expérimentation méthodique en sols types poursuivie pendant une série d'années. C'est seulement dans ces conditions qu'il est possible de formuler pour la pratique agricole des conclusions comportant un haut degré de sécurité et plus généralement de fonder la notion de productivité des sols sur des critères précis de valeur contrôlée.

CORRESPONDANCE.

M. **Godofredo Garcia**, au nom de l'**Académie nationale des Sciences exactes, physiques et naturelles de Lima**, adresse des condoléances à l'occasion du décès de M. *Ernest Esclangon*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Renal clearance of dextran as a measure of glomerular permeability*, par Gunnar Wallenius (Thèse, Uppsala).

2° Alessandro Veneroso. *La sgommatura della seta*.

3° Polska Akademia nauk (Académie polonaise des Sciences) *Sprawozdania z czynnosci i prac*. Rok I, n°s 1-4.

4° Polskie towarzystwo botaniczne (Société botanique de Pologne). *Acta Agrobotanica*. Vol. I. — *Monographiæ botanicæ*. Vol. I. — *Fragmenta floristica et geobotanica*. Ann. I. Pars I.

Il signale également 4 Cartes polycopiées :

Mission Unesco. *Essai de Carte Hydrologique provisoire de la Plaine d'Egret-Altintas. Vilayets d'Afyon-Karahisar et de Kütahya*, par Hugo Fournier et Th. Hügi. — *id. de la Plaine de Kiziltepe-Derbesiye. Vilayet de Mardin.* — *id. de la région Nord et Sud de Nigde. Vilayet de Nigde.* — *id. de la Plaine d'Urfa-Haran. Vilayet d'Urfa*, par Hugo Fournier.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — « *Longueurs extrémales* » *dans l'espace, résistance électrique et capacité.* Note de M. **Joseph Hersch**, présentée par M. Paul Montel.

Transposition dans l'espace à trois dimensions de la méthode des « longueurs extrémales » [Ahlfors et Beurling (1)]. A toute famille de courbes ou de surfaces est attribué un nombre réel non-négatif, son *module*. Dans des cas particulièrement simples, le module mesure la résistance électrique ou la capacité. Des évaluations peuvent être déduites de cette propriété.

1. Soit ρ une répartition (fonction réelle non-négative) dans un domaine D de l'espace; elle fait correspondre à toute courbe c le nombre $C_\rho(c)=\int_c \rho\, ds$; à toute surface γ, le nombre

$$\Gamma_\rho(\gamma)=\iint_\gamma \rho\, dS;$$

à D, le nombre

$$V_\rho=V_\rho(D)=\overline{\iiint_D} \rho^2\, dV \quad (2).$$

Etant donnée une famille $\{c\}$ de *courbes*, nous définissons son *module* $M\{c\}$ par le problème de variation $M\{c\}=\inf_\rho V_\rho$, où sont admises à concurrence les répartitions ρ dans D telles que $C_\rho(c)\geqq 1$ pour toute $c\in\{c\}$. De même, le module d'une famille $\{\gamma\}$ de *surfaces* est défini par $M\{\gamma\}=\inf_\rho V_\rho$ avec $\Gamma_\rho(\gamma)\geqq 1$ pour toute $\gamma\in\{\gamma\}$.

2. Soit D, un volume homéomorphe à la sphère pleine et sur la frontière duquel on a désigné deux domaines de Jordan disjoints (*électrodes*) G_0, G_1. Soient $\{c\}$ la famille des arcs de Jordan dans D reliant G_0 à G_1; et $\{\gamma\}$ celle des surfaces (images topologiques d'un disque circulaire), à contour sur la frontière de D, qui séparent G_0 de G_1. *Alors* $M\{c\}.M\{\gamma\}=1$; *si* D *est rempli de matière homogène,* $M\{\gamma\}$ *mesure* (à un facteur constant près) *la résistance électrique de* D.

Démonstration. — Soit u la fonction harmonique dans D, nulle sur G_0, égale à 1 sur G_1, et de dérivée normale nulle sur le reste de la frontière (partie adiabatique). Je pose $e=\iint_{G_1}(\partial u/\partial n)\, dS$ ($\vec{n}=$ normale extérieure). On sait que $1/e$ mesure la *résistance électrique*.

a. $\rho_{0\gamma}=(1/e)|\operatorname{grad} u|$ est répartition extrémale pour $M\{\gamma\}$. En effet, soit ρ

(1) *Acta Math.*, 83, 1950, p. 114.

(2) *ds* désigne l'élément linéaire, *dS* l'élément de surface, *dV* l'élément de volume; $\overline{\int}$ est l'intégrale supérieure, $\underline{\int}$ l'intégrale inférieure de Darboux.

concurrente;

$$0 \leqq \iiint_D \left(\rho - \frac{1}{e}|\operatorname{grad} u|\right)^2 dV \leqq \overline{\iiint} \rho^2 dV + \frac{1}{e^2} \overline{\iiint} \operatorname{grad}^2 u \, dV - \frac{2}{e} \underline{\overline{\iiint}} \rho |\operatorname{grad} u| \, dV;$$

or

$$\underline{\iiint} \rho |\operatorname{grad} u| \, dV \geqq \int_{u=0}^{1} du \underline{\iint}_{u=\text{const}} \rho \, dS \geqq 1 \qquad \text{et} \qquad \iiint \operatorname{grad}^2 u \, dV = e;$$

d'où

$$0 \leqq V_\rho + \frac{1}{e} - \frac{2}{e}; \qquad V_\rho \geqq \frac{1}{e} = V_{\rho_{0\gamma}}, \qquad \text{donc} \quad M\{\gamma\} = \frac{1}{e}.$$

b. $\rho_{0c} = |\operatorname{grad} u|$ est répartition extrémale pour $M\{c\}$. En effet, soit ρ concurrente; découpons D en tubes arbitrairement minces, formés par des trajectoires de $\operatorname{grad} u$; sur toute section normale ΔS_i du $i^{\text{ième}}$ tube

$$\frac{\partial u}{\partial n} \Delta S_i = |\operatorname{grad} u| \Delta S_i = e_i; \qquad \sum_i e_i = e;$$

$$0 \leqq \underline{\iiint} (\rho - |\operatorname{grad} u|)^2 dV \leqq V_\rho + e - 2 \overline{\iiint} \rho |\operatorname{grad} u| \, dV;$$

or

$$\overline{\iiint} \rho |\operatorname{grad} u| \, dV \geqq \liminf(\text{tous } \Delta S_i \to 0) \sum_i \int_{i-\text{tube}} (\rho |\operatorname{grad} u| \Delta S_i) \, ds \geqq \liminf \sum e_i = e;$$

donc

$$V_\rho \geqq e = V_{\rho_{0c}} \qquad \text{et} \qquad M\{c\} = e. \qquad \text{C. Q. F. D.}$$

3. La démonstration reste valable mot pour mot dans le cas où D est un volume homéomorphe à celui compris entre deux sphères concentriques. Les deux frontières de D sont alors les électrodes G_0 et G_1 (pas de partie adiabatique). Les arcs de Jordan c relient G_0 à G_1, les surfaces fermées γ (de genre zéro) séparent G_0 de G_1. On obtient de nouveau $1/M\{c\} = M\{\gamma\} = 1/e =$ résistance électrique; e peut aussi être interprétée (à un facteur constant près, qui dépend des unités) comme la *capacité* du condensateur D. Le raisonnement peut aussi être transposé pour des domaines D plus généraux.

Il s'ensuit que la résistance électrique et la capacité peuvent être évaluées (*a*) dans les deux sens, au moyen de répartitions concurrentes pour $M\{c\}$, resp. pour $M\{\gamma\}$; (*b*) à l'aide d'inégalités générales valables pour ces modules ([3]).

4. Contrairement au cas du plan, le module $M\{c\}$ d'une famille de courbes a la dimension d'une longueur; et celui $M\{\gamma\}$ d'une famille de surfaces, la dimension d'une longueur réciproque : ils ne sont *pas* invariants relativement à une similitude.

([3]) *Cf.* par ex. *Comptes rendus*, **237**, 1953, p. 641, inégalité (1), où j'ai écrit $L_{\{c\}}^{-1}$ pour $M\{c\}$.

5. On peut généraliser les définitions du paragraphe I. J'appelle *famille numérique* de courbes (resp. de surfaces) une loi C (resp. Γ) faisant correspondre à toute courbe c (resp. à toute surface γ) un nombre réel $C(c) \geqq 0$ (resp. $\Gamma(\gamma) \geqq 0$). Son *module* est défini par $M(C) = \inf_\rho V_\rho$ sous la condition $C_\rho \geqq$; [C resp. $M(\Gamma) = \inf_\rho V_\rho$ avec $\Gamma_\rho \geqq \Gamma$].

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Sur la contribution de l'interaction méson-méson aux forces nucléaires.* Note (*) de M. **Georges Bonnevay**, présentée par M. Louis de Broglie.

M. Matthews [1] a montré que, pour éliminer toutes les divergences de la théorie des champs mésiques pseudoscalaires à couplage pseudoscalaire, il était nécessaire d'introduire, dans le Lagrangien, un terme d'interaction de contact entre mésons de la forme $(\lambda - \delta\lambda)(\Phi_i \Phi_i)^2$. Dans cette expression, Φ_i est l'opérateur du champ mésique, λ une nouvelle constante universelle et $\delta\lambda$ une série des puissances de la constante de couplage G et de λ, choisie de façon que chacun de ses termes supprime les divergences provenant de termes de même degré de la diffusion méson-méson.

Soit $M'_{i_1 i_2 i_3 i_4}(k_1, k_2, k_3, k_4)$ la fonction d'interaction entre mésons, les k étant les vecteurs impulsion-énergie des deux mésons incidents et des deux mésons diffusés, les i étant leurs indices de spin isotopique ($i = 1, 2, 3$). Cette fonction est une série en G : $M' = M'^{(4)} + M'^{(6)} + \ldots$ (*fig.* 1) dont chaque terme est une intégrale logarithmiquement divergente. Grâce à l'interaction de contact, M' est remplacée par la *fonction d'interaction renormalisée :*

$$M^{(c)}_{i_1 i_2 i_3 i_4}(k_1, k_2, k_3, k_4) = (\lambda - \delta\lambda)_{1234} + M'_{i_1 i_2 i_3 i_4}(k_1, k_2, k_3, k_4),$$

où l'on a posé :

$$(\lambda - \delta\lambda)_{1234} = (\lambda - \delta\lambda)(\delta_{i_1 i_2}\delta_{i_3 i_4} + \delta_{i_1 i_3}\delta_{i_2 i_4} + \delta_{i_1 i_4}\delta_{i_2 i_3})$$

et où il reste à déterminer

$$\delta\lambda = \delta^{(4)} + \delta\lambda^{(6)} + \ldots.$$

Nous avons fait le choix $\delta\lambda^{(4)}_{1234} = -M'_{i_1 i_2 i_3 i_4}(0, 0, 0, 0)$ et nous avons calculé $M^{(c)}$ au quatrième ordre en G :

$$M^{(c)}_{i_1 i_2 i_3 i_4}(k_1, k_2, k_3, k_4) = \lambda_{1234} + M'_{i_1 i_2 i_3 i_4}(k_1, k_2, k_3, k_4) - M'_{i_1 i_2 i_3 i_4}(0, 0, 0, 0) \qquad (1)$$

D'autre part, M. Lévy [2] a donné une méthode permettant de déduire de

(*) Séance du 12 avril 1954.

(1) P. T. Matthews, *Phil. Mag.*, **41**, 1950, p. 185.

(2) M. Lévy, *Phys. Rev.*, **88**, 1952, p. 72; **88**, 1952, p. 725; *cf.* également *Comptes rendus*, **234**, 1952, p. 815, 922, 1255, 1671 et 1744.

l'équation de Bethe-Salpeter pour deux nucléons, une équation de Schrödinger et un potentiel décrivant bien les forces nucléaires aux basses énergies.

Appliquant la première approximation non adiabatique, l'équation de Bethe-Salpeter, écrite dans le système du centre de gravité, devient

$$(2)\qquad (E-2E_p)\,a(\vec{p}) = 2\int K(E;\vec{p},\vec{p}')\,a(\vec{p}')\,d^3p',$$

avec

$$(3)\qquad K(E;\vec{p},\vec{p}') = -\frac{1}{i\pi(2\pi)^4}\int \frac{\Lambda_p G(E,p,p')\Lambda_{p'}}{(\Lambda_p^2-p_0^2)(\Lambda_{p'}^2-p_0'^2)}\,dp_0\,dp_0',$$

$$\Lambda_p = \frac{E}{2} - E_p,\qquad E_p = \sqrt{\vec{p}^2+M^2},$$

E étant l'énergie totale du système, $G(E,p,p')$ étant le noyau de l'équation de Bethe-Salpeter et $a(\vec{p})$ l'amplitude de probabilité de trouver les deux nucléons dans un état d'impulsion relative $\vec{p}$ et d'énergie positive.

Fig. 1

Fig. 2

A l'approximation non relativiste, $E\to 2M$, $E_p\to M$, $K(E,\vec{p},\vec{p}')\to K(2M,\vec{k})$ avec $\vec{k}=\vec{p}-\vec{p}'$. Donc, après avoir multiplié (2) par $E+2E_p$ et effectué une transformation de Fourier, on obtient, à la limite non relativiste : $(\nabla^2/2M)\varphi(\vec{r}) = V(\vec{r})\varphi(\vec{r})$ avec le potentiel cherché

$$(4)\qquad V(\vec{r}) = (2\pi)^{-3}\int K(2M,\vec{k})\,e^{i\vec{k}\vec{r}}\,d^3k.$$

Les formules (3) et (4) permettent de calculer le potentiel $V^{(M)}$, dû à l'interaction méson-méson, en prenant pour $G(E;p,p')$ le noyau donné par le diagramme de la figure 2, et en utilisant (1) :

$$\begin{aligned}G^{(M)}(E;p,p') = G^4\int & u(\vec{p})\gamma_5\tau_{i_1}S_F\left(\frac{P}{2}+p''\right)\gamma_5\tau_{i_2}u(\vec{p}')\,u(-\vec{p})\gamma_5\tau_{i_3}S_F\left(\frac{P}{2}+q''\right)\gamma_5\tau_{i_4}u(-\vec{p}')\\ &\times\Delta_F(k_1)\,\Delta_F(k_2)\,\Delta_F(k_3)\,\Delta_F(k_4)\,\delta(k_1+k_2+k_3+k_4)\\ &\times\left[\lambda_{1234}+M^{(4)}_{c\,i_1i_2i_3i_4}(k_1,k_2,k_3,k_4)\right]\delta(k_1+p-p'')\,\delta(k+p''-p')\\ &\times\delta(k+p'+q'')\,\delta(k-q''-p)\,d^4k_1\,d^4k_2\,d^4k_3\,d^4k_4\,d^4p''\,d^4q'',\end{aligned}$$

où $P=(0,0,0,E)$ et où $u(\vec{p})$ est un spineur décrivant un nucléon d'impulsion $\vec{p}$ et d'énergie positive E_p.

Si l'on néglige les termes en $(\mu/M)^2$ le calcul donne

$$V^{(M)}(r) = \frac{9}{32}\,\frac{1}{(2\pi)^3}\,G^4\left[3\lambda\,\mathrm{Log}\left(\frac{\mu}{M}\right) + FG^4\right]\frac{\mu}{r^2}K_1(2\mu r),$$

où F est un facteur numérique donné par une intégrale.

Ce potentiel, qui est une correction radiative au potentiel du quatrième ordre $V^{(4)}$, est égal à ce dernier à un facteur près et ne fait donc que modifier la constante G_1 introduite par M. Lévy et dont l'arbitraire est ainsi justifié, puisque λ est une nouvelle constante fondamentale dont la valeur est à déterminer expérimentalement.

La même interaction entre mésons doit jouer un rôle important dans la diffusion méson-nucléon où, comme l'ont suggéré MM. Mitra et Dyson [3], elle permettrait, sans doute, d'expliquer les déphasages pour l'état $S_{3/2}$. Une étude de ce problème fera l'objet d'une prochaine publication.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Courant et charge en théorie unitaire d'Einstein.*

Note de Mlle **Stamatia Mavridès**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les notations sont celles de notre Note précédente [1].

Les champs et les inductions qui interviennent dans la théorie d'Einstein sont

$$r^{\mu\nu} = g^{\mu\nu} + f^{\mu\nu} \qquad \text{et} \qquad r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} + \varphi_{\mu\nu},$$

Nous avons montré [1] qu'en choisissant la métrique et les champs de la manière suivante

$$a_{\mu\nu} = \sqrt{\frac{|r|}{|\gamma|}}\,\gamma_{\mu\nu} \qquad s_{\mu\nu} = \sqrt{\frac{|r|}{|\gamma|}}\,\varphi_{\mu\nu}, \qquad p^{\mu\nu} = f^{\mu\nu},$$

il est possible de retrouver les résultats de la théorie de M. Born et L. Infeld [2] c'est-à-dire un champ électrique $E = (e/r_0^2)\left[1 + (r^4/r_0^4)\right]^{-\frac{1}{2}}$ qui reste fini quand $r \to 0$.

Nous allons montrer qu'il est également possible de trouver, au moyen de la solution statique à symétrie sphérique une densité de charge, et dans le cas général une densité de courant.

L'équation qui servira de point de départ sera

$$(1) \qquad \Gamma_{\underset{\vee}{\rho}} - \Gamma^{\sigma}_{\underset{\vee}{\rho\sigma}} = 0, \qquad \text{c'est-à-dire} \qquad \frac{\partial\mathfrak{F}^{\mu\nu}}{\partial x^{\nu}} = 0$$

avec

$$\mathfrak{F}^{\mu\nu} = \sqrt{-|r|}\,f^{\mu\nu} = \frac{\partial\mathfrak{L}}{\partial\varphi_{\mu\nu}} = 2\sqrt{-|\gamma|}\,\frac{\partial L}{\partial\varphi_{\mu\nu}},$$

$$L = \sqrt{\frac{|r|}{|\gamma|}} = (1 + F - G^2)^{\frac{1}{2}}, \qquad F = \frac{1}{2}s^{\mu\nu}s_{\mu\nu}, \qquad G = \frac{1}{4}s_{\mu\nu}s^{\mu\nu*}.$$

---

(3) A. N. Mitra et F. J. Dyson *Phys. Rev.*, 90, 1953, p. 372.

(1) S. Mavridès, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1566.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, 144 (A), 1934, p. 425.

Nous pouvons donc écrire :

$$\mathfrak{F}^{\mu\nu} = 2\sqrt{-[r]}\left(2\frac{\partial L}{\partial F}s^{\mu\nu} + \frac{\partial L}{\partial G}s^{\mu\nu*}\right).$$

L'équation (I) peut alors se mettre sous la forme suivante :

$$4\pi\mathfrak{J}^{\mu} = \frac{1}{L}\left\{\sqrt{\frac{[r]}{[\gamma]}}f^{\mu\nu}\frac{\partial L}{\partial x^{\nu}} + L s^{\mu\nu*}\frac{\partial G}{\partial x^{\nu}} + \frac{GL}{\sqrt{-[r]}}\frac{1}{6}\varepsilon^{\mu\nu\rho\sigma}\varphi_{\nu\rho\sigma}\right\}$$

en posant

$$4\pi\mathfrak{J}^{\mu} = \frac{1}{\sqrt{-[r]}}\frac{\partial(\sqrt{-[r]}s^{\mu\nu})}{\partial x^{\nu}}.$$

Nous voyons qu'avec cette hypothèse, et même si $\varphi_{\nu\rho\sigma} = 0$, il peut encore exister un courant et une distribution de charge $\mathfrak{J}^{\mu}$.

Calculons la charge totale dans le cas particulier d'une solution statique à symétrie sphérique où les champs $r_{\mu\nu} = \gamma_{\mu\nu} + \varphi_{\mu\nu}$ ont la forme (³) :

$$-\frac{1}{\gamma_{11}} = 1 - \frac{2m}{V^2 r}, \qquad \gamma_{33} = \gamma_{22}\sin^2\theta = -r^2, \qquad \gamma_{44} = \left(V^2 - \frac{2m}{r}\right)\left(1 + \frac{k^2}{r^4}\right), \qquad \varphi_{14} = \frac{Vk}{r^2}.$$

On obtient :

$$4\pi\mathfrak{J}^{4} = -\frac{1}{L}\sqrt{\frac{[r]}{[\gamma]}}f^{14}\frac{\partial L}{\partial r} = \frac{2}{rV\left(1 + \frac{r^4}{r_0^4}\right)^{\frac{3}{2}}}.$$

Si l'on pose $\mathfrak{J}^{4} = \rho/b$ on a, en unités électrostatiques

$$\rho = \frac{e}{2\pi r_0^3\frac{r}{r_0}\left(1 + \frac{r^4}{r_0^4}\right)^{\frac{3}{2}}}.$$

Le calcul de l'intégrale d'espace de ρ conduit à

$$\int \rho\, dv = \frac{2e}{r_0^3}\int_0^{\infty}\frac{r^2\, dr}{\frac{r}{r_0}\left(1 + \frac{r^4}{r_0^4}\right)^{\frac{3}{2}}} = e.$$

Ce serait donc bien s^{14}, c'est-à-dire $\left(\sqrt{[\gamma]/[r]}\right)\gamma^{11}\gamma^{44}\varphi_{14}$ (et non φ_{23}) qui serait lié au champ électrique.

Nous voyons ainsi qu'avec le choix de la métrique et du champ électromagnétique que nous avions fait, il est possible de retrouver les résultats suivants de la théorie de Born et Infeld :

a. un champ électrique qui reste fini quand $r \to 0$;

b. une distribution continue de charge, de densité ρ et de somme e, source du champ électrique.

(³) A. Papapetrou, *Proc. Roy. I. Acad.*, 52, (A), 1948, p. 69.

MAGNÉTISME. — *Variation thermique de la susceptibilité magnétique de quelques noirs de carbone.* Note (*) de M. **André Marchand**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons indiqué que, la susceptibilité diamagnétique moyenne des noirs de carbone subit un accroissement, très rapide dans l'intervalle 40 Å — 200 Å et fonction du diamètre L_a des cristallites de graphite qui en sont les constituants élémentaires. La susceptibilité moyenne par gramme, $\overline{\chi}$, passe en effet de $-0,9.10^{-6}$ à $-6,5.10^{-6}$, ce qui représente la plus grande partie de l'accroissement observé entre le benzène ($\chi = -0,7.10^{-6}$) et le graphite ([2]) ($\chi = -7,7.10^{-6}$). Cette brusque augmentation, observée également par d'autres auteurs ([3]), est attribuable à l'apparition du diamagnétisme de Landau et correspond à une augmentation de la seule susceptibilité $\chi_\perp$ perpendiculaire aux plans graphitiques, la susceptibilité parallèle $\chi_\parallel$ restant constante.

Ganguli et Krishnan ([2]) ont étudié la variation de $\chi_\perp$, $\chi_\parallel$ et $\Delta\chi = \chi_\perp - \chi_\parallel$ avec la température et leur théorie, légèrement modifiée par la suite ([4]), donne une représentation satisfaisante des propriétés du graphite, en admettant l'existence d'un gaz d'électrons libres à deux dimensions.

Nous avons étudié entre — 200 et + 18° C la variation avec la température de la susceptibilité moyenne χ sur quelques noirs de carbone situés dans la partie ascendante de la courbe. Les échantillons, débarrassés de leurs impuretés para et ferromagnétiques et dégazés vers 900°, étaient placés sous vide en ampoules scellées sur une balance spécialement adaptée, où la variation relative de leur susceptibilité avec la température était mesurée par la méthode de Faraday.

Résultats expérimentaux. — Les courbes de la figure donnent la variation de χ en fonction de $1/T$ entre — 200 et + 18° C pour les noirs suivants :

				L_a (Å).
P 33	chauffé préalablement à		900° C..........	36
P 33	»	»	1500° C..........	62
Sphéron 6	»	»	2700° C..........	82
Thermax	»	»	3100° C..........	200-250

(*) Séance du 12 avril 1954.

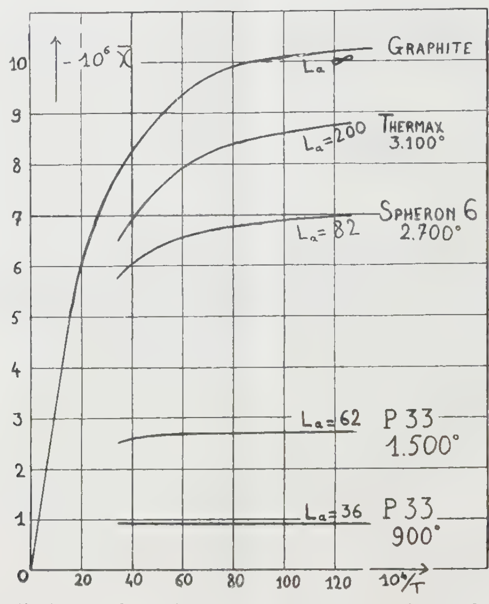
([1]) *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 460.

([2]) *Proc. Roy. Soc. London*, 177, 1941, p. 168.

([3]) W. F. K. Wynne-Jones, H. E. Blayden et R. Iley, *Brennstoff Chemie*, 33, 1952, p. 268; H. T. Pinnick, *Phys. Rev.*, 91, 1953, p. 228 et *Phys. Rev.* (15 avril 1954, sous presse).

([4]) S. Mrozowski, *Phys. Rev.*, 85, 1952, p. 609.

On a également indiqué la variation de χ pour le graphite d'après Ganguli et Krishnan [2]. On voit que P 33 (900° C), à la précision des mesures, ne donne pas de variation décelable avec la température, tandis que Thermax (3 100° C) varie, en valeur relative, sensiblement autant que le graphite.



Du fait de la méthode utilisée ici, la précision est un peu meilleure [0,5 % sur Thermax, 1 % sur Sphéron 6 et P 33 (1500°) et 3 % sur P 33 (900°)] pour la variation relative de $\overline{\chi}$ en fonction de T que pour la mesure de $\overline{\chi}$ à température ordinaire [1].

Interprétation. — Ces résultats doivent être transposés en termes d'anisotropie magnétique : le diamagnétisme orbital des électrons liés, indépendant de la température, peut être considéré comme isotrope et assimilé à $\chi_{\parallel}$; les électrons π ne contribuent qu'à l'anisotropie $\Delta\chi = 3\left(\overline{\chi} - \chi_{\parallel}\right)$. On a montré que pour les carbures aromatiques l'anisotropie moléculaire $M\Delta\chi$ (où M est la masse moléculaire) est sensiblement proportionnelle au nombre de noyaux benzéniques de la molécule. Par conséquent l'anisotropie « par noyau benzénique » reste constante. Pour les noirs de carbone le nombre d'atomes de carbone par noyau tend rapidement vers 2 quand L_a augmente : cette règle doit donc conduire à une anisotropie « par atome de carbone » constante. Comme on peut considérer que, lorsque L_a croît, ces corps ne contiennent bientôt plus que du carbone, on devra donc avoir une anisotropie « par gramme » constante ; autrement dit, $\Delta\chi$ sera indépendant de L_a.

C'est à peu près ce qu'on observe quand L_a est assez petit $\left(\text{si } L_a < 40\ \text{Å},\ \overline{\chi} \# -0{,}9 \cdot 10^{-6}\right)$, et l'accroissement brusque de $\Delta\chi$ au-dessus de 40 Å correspond donc à l'apparition d'un nouveau facteur de l'anisotropie diamagnétique. Or, c'est au même moment que l'on constate que la susceptibilité $\overline{\chi}$, et par

conséquent l'anisotropie $\Delta\chi$, commencent à varier en fonction de la température. Et cette variation est d'autant plus importante que L_a et χ sont grands. Ceci confirme bien que ce nouveau facteur, dépendant de la température, correspond au diamagnétisme de Landau.

Mais les essais d'interprétation quantitative sont encore loin d'être satisfaisants. La variation du nombre d'électrons libres et de trous avec la température, du fait de l'existence d'une énergie d'activation non nulle entre la bande π et la bande de conduction, ne paraît pas suffisante pour rendre compte du phénomène, car, en particulier, les résultats ci-dessus conduiraient à des valeurs très faibles (de l'ordre de 10^{-3} à 10^{-4} eV) de cette énergie d'activation. Une théorie beaucoup plus complexe doit donc être édifiée, qui pourrait peut-être être basée sur une adaptation de la méthode définie initialement par Landau et Stoner [5] au cas des noirs de carbone.

MAGNÉTISME. — *Couplage des spins dans les cobalticyanures à trois ions magnétiques.* Note de MM. **Jules Wucher**, **Triphon Karantassis** et **Nicolas Perakis**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Comme suite à des travaux sur les cyanures [1] et d'autres sur le couplage des spins [2], nous avons fait une étude cryomagnétique détaillée des cobalticyanures de cuivre et de nickel : $[Co(CN)_6]_2Cu_3$ et $[Co(CN)_6]_2Ni_3$. Les ions cuivre et nickel y sont divalents, le cobalt figurant dans l'anion étant trivalent.

Ces formules chimiques doivent être doublées. Un diagramme Debye-Scherrer pris par M. R. Wey a montré en effet que le cobalticyanure de nickel ($a = 10,0$ Å) et celui de cuivre ($a = 9,9$ Å) ont la structure des ferricyanures correspondants [3] : quatre cations, $4\,Ni_I$ ou $4\,Cu_I$, et les quatre ions cobaltiques forment un cube à faces centrées, la distance entre deux ions de même espèce étant 7 Å; entre un ion cobaltique et un cation il y a un groupement CN; les deux autres cations, $2\,Ni_{II}$ ou $2\,Cu_{II}$, sont répartis statistiquement dans le cristal, la distance minimum entre deux ions étant : $Ni_{II} - Ni_{II} = 2,36$ Å, $Cu_{II} - Cu_{II} = 2,33$ Å.

Les deux cobalticyanures ont un paramagnétisme variable dû uniquement aux cations Ni^{++} et Cu^{++}. En fait l'anion $[Co(CN)_6]^{---}$, étudié à partir du

---

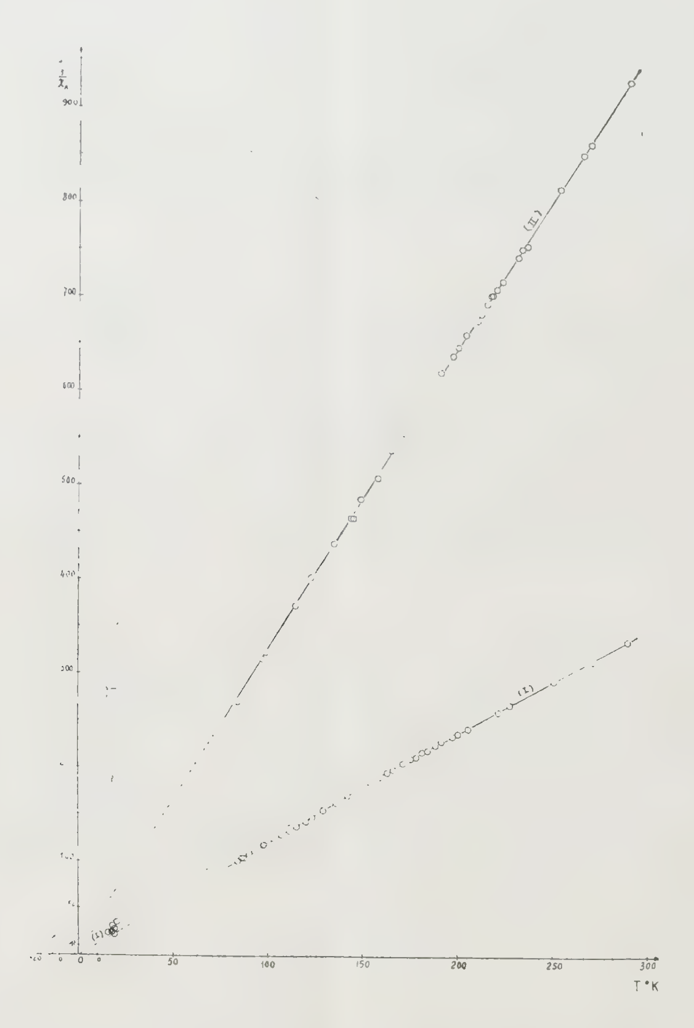
(5) L. Landau, *Z. Phys.*, 64, 1930, p. 629; Stoner, *Proc. Roy. Soc. London*, A 152, 1935, p. 672-692.

(1) N. Perakis et T. Karantassis, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 1759; T. Karantassis, C. Vassiliadis et N. Perakis, *Comptes rendus*, 208, 1939, p. 1720.

(2) G. Foëx, B. Tsaï et J. Wucher, *Comptes rendus*, 233, 1951, p. 1432; G. Foëx, T. Karantassis et N. Perakis, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 982.

(3) A. K. Van Bever, *Rec. Trav. chim. Pays-Bas*, 57, 1938, p. 1259.

cobalticyanure de potassium, est diamagnétique $\chi = -87.10^{-6}$, d'accord avec les théories en cours qui attribuent à l'ion cobaltique, $3d^6$, coordonné un moment nul. Toutefois, les liaisons de covalence ne doivent pas affecter les ions Ni^{++} et Cu^{++}, pas plus qu'elles n'affectent l'ion Nd^{+++} dans $[Co(CN_6)]Nd$ [1]. Il en est de même des ions Cu^{++}, Co^{++} et Mn^{++} dans les ferrocyanures à *un* et *deux* ions magnétiques, qui contiennent aussi des liaisons de coordination octaédriques [4].



La susceptibilité du cobalticyanure de nickel a été mesurée, à Leyde, à douze différentes températures entre 15,2 et 20,5° K et de 84 à 288,4° K, à Strasbourg. Sa variation est traduite dans le plan $(1/\chi_A, T)$ de la figure par la courbe (I), composée des trois tronçons de droite $\chi T = 0,671\ (\pm 0,027)$,

---

[4] M. A. Rollier et E. Arreghini, *Gazz. chim. ital.*, **69**, 1939, p. 499; J. Richardson et N. Elliott, *J. Amer. Chem. Soc.*, **62**, 1940, p. 3182.

$\chi T = 0,837\ (\pm 0,003)$ et $\chi(T+15) = 0,908\ (\pm 0,003)$ correspondant respectivement aux intervalles de température (15 — 20° K), (84 — 170° K) et (170-288° K). Du premier intervalle au second la constante de Curie de

$$[Co(CN)_6]_4(Ni_I)_4(Ni_{II})_2$$

passe de $0,671 \simeq 4/6$ à $0,837 \simeq 5/6$ pour tendre aux températures plus élevées (> 288° K) vers la valeur 1, constante de Curie d'un spin à deux électrons, dans laquelle chacun des six ions Ni^{++} entre pour 1/6.

On pourrait expliquer le comportement magnétique du complexe dans tout l'intervalle de température exploré en attribuant son paramagnétisme, à la température de l'hydrogène liquide, aux seuls ions Ni_I, tous les ions Ni_{II} étant associés en paires que la distance minimum $Ni_{II} — Ni_{II} = 2,36$ Å permet de supposer à couplage magnétique antiparallèle. A la température de l'azote liquide, la constante de Curie ayant augmenté de 1/6, la moitié des ions Ni_{II} serait à l'état libre et la dissociation thermique des paires achevée. L'autre moitié des paires serait découplée magnétiquement à partir de 170° K (coude) suivant l'expression

$$\chi = \frac{0,375}{12T}\,\frac{40e^{-3\tau}+8e^{-\tau}}{5e^{-3\tau}+3e^{-\tau}+1}, \qquad \text{où} \quad \tau = \frac{I}{kT},$$

I étant l'interaction magnétique. Pour $I = 600k$, l'écart avec l'expérience est inférieur à 1 %.

Le comportement magnétique de $[Co(CN)_6]_4(Cu_I)_4(Cu_{II})_2$, entre 84 et 289° K, est traduit dans le plan de la figure (courbe II) par la relation $\chi_A(T+2) = 0,315\,(\pm 0,003) \simeq 5/6\ C_{A_s}$, $C_{A_s} = 0,375$ étant la constante de Curie d'un spin à un électron. Ici, le découplage magnétique des paires aurait lieu à des températures que la substance ne peut supporter, suivant l'expression

$$\chi = \frac{0,375}{12T}\,\frac{8e^{-\tau}}{3e^{-\tau}+1}, \qquad \text{avec} \quad I \sim 1000k.$$

La résonance paramagnétique de ces deux complexes est en cours d'étude.

OPTIQUE. — *Loi de Beer appliquée aux spectres d'absorption dans l'infrarouge.* Note (*) de M. **Jean-Charles Pariaud**, présentée par M. Paul Pascal.

Si l'on reprend l'expression de Lambert donnant l'intensité de la lumière recueillie lorsque le faisceau incident traverse une cellule remplie d'un composé donné, on obtient un nombre qui dépend de l'intensité initiale, du coefficient d'absorption du milieu traversé et enfin de l'épaisseur de la cellule :

$$I = I_0\,e^{-\alpha l} \qquad \text{ou} \qquad \text{Log}\,\frac{I_0}{I} = \alpha l \qquad \text{ou} \qquad \log_{10}\frac{I_0}{I} = Kl.$$

(*) Séance du 12 avril 1954.

Cette expression ne souffre aucune exception, tandis que celle donnée par Beer ou le coefficient K est remplacé par εc, souffre au contraire de nombreuses exceptions, notamment pour les composés ionisables, ou susceptibles de donner naissance à une association intermoléculaire. Ceci n'est pas surprenant puisque le coefficient εc est lié au nombre de molécules présentes sur le trajet lumineux.

Lorsqu'on dilue un sel dans un solvant ionisant, ou un composé polaire dans un solvant susceptible de développer des attractions électrostatiques, le nombre de molécules responsables de l'absorption n'est pas celui prévu par la simple règle de trois.

Tandis que la loi de Lambert ne semble d'aucun secours dans la détermination des structures au contraire celle de Beer peut offrir un grand intérêt. On a ainsi montré que certains acides étaient totalement dissociés; tandis qu'il était possible pour d'autres de déterminer leur coefficient d'ionisation.

La concentration généralement exprimée en nombre de molécules grammes au litre, peut l'être également en titre molaire :

$$\log\frac{I_0}{I} = \varepsilon c l = \varepsilon'\left(\frac{n_1}{n_1+n_2}\right) l.$$

A la condition que le nombre total de molécules reste constant, $(n_1+n_2=N)$ l'expression :

$$\frac{\log\frac{I_0}{I}}{n_1} = \frac{\varepsilon' l}{N} = \text{const.}$$

Dans le cas des gaz, la variation de la pression peut remplacer celle de la concentration. Si la cellule contient n/v molécules grammes par unité de volume

$$\frac{\log\frac{I_0}{I}}{n} = \frac{\varepsilon' l}{v}.$$

Si les molécules restaient inchangées au cours de la dilution pour les solutions, ou au cours de la variation de pression pour les gaz $[\log(I_0/I)/n] = D/n$ resterait constant, et la représentation graphique de cette expression en fonction du titre molaire ou de la pression serait une droite parallèle à l'axe des abcisses. Toute entorse à cette règle devra être interprétée comme un changement dans le nombre des molécules susceptibles d'absorber une radiation de fréquence donnée.

Un essai de détermination de structure ne peut se contenter des spectres ultraviolet et visible d'une molécule. Le spectre d'absorption infra-rouge est indispensable. La complexité des deux premiers rend toute interprétation théorique impossible actuellement. L'examen de la littérature montre que les spectroscopistes « infra-rouge » ont, soit procédé par comparaisons entre

molécules analogues, ce qui était possible dans l'ultraviolet et le visible, soit essayé d'attribuer à chaque fréquence d'absorption une énergie bien définie dans la molécule. La variation systématique de la densité optique propre à chaque bande semble avoir été laissée de côté.

La représentation graphique précédemment définie a été appliquée aux bandes d'absorption de plusieurs composés. Dans de nombreux cas les points obtenus se placent en effet sur une droite parallèle à l'axe des abscisses. Au contraire certaines bandes d'absorption fournissent des points se plaçant sur une branche d'hyperbole ou sur des courbes dont l'interprétation mathématique est plus compliquée.

Dans le cas des alcools par exemple la densité optique des bandes d'absorption propres au groupement OH, ramenée à une mole du composé, se place sur une branche d'hyperbole. La première hypothèse qui se présente à l'esprit consiste à admettre une association due aux liaisons hydrogène. Le rapport du nombre de molécules alcooliques « vraies » croîtrait donc rapidement avec la dilution. L'expérience reproduite avec les molécules à l'état gazeux en remplaçant la dilution par une diminution de pression présente un phénomène analogue. L'hypothèse semble toujours valable. Elle ne l'est plus lorsqu'on s'adresse à une molécule qui dès l'état liquide se présente comme monomoléculaire.

La comparaison entre les résultats observés pour une même molécule à l'état liquide, ou à l'état gazeux est des plus fertiles.

Si l'on s'adresse maintenant à des composés pris à l'état gazeux en l'absence de tout autre molécule et pour lesquels toute association est impossible, comme le benzène par exemple, on s'aperçoit que le même phénomène apparaît pour certaines bandes attribuées à des vibrations bien définies. Il paraît évident que de telles constatations doivent être exploitées dans le sens de la détermination des structures. D'assez nombreux travaux expérimentaux et leur interprétation seront publiés prochainement.

PHOTOMÉTRIE. — *Sur une nouvelle méthode d'analyse par absorption infrarouge. La modulation sélective.* Note de M. **Karl Friedrich Luft**, présentée par M. Maurice Roy.

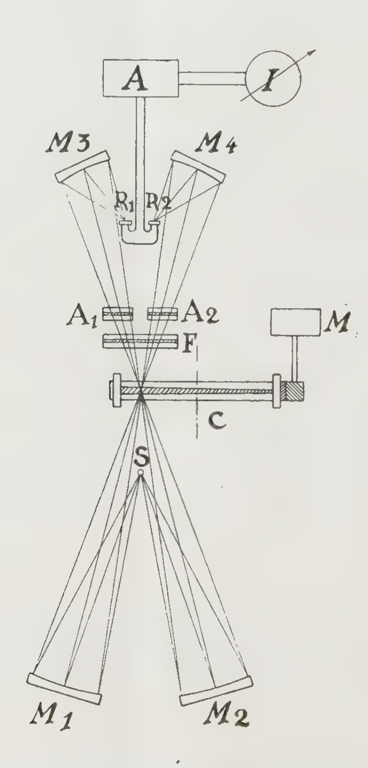
Le fonctionnement des analyseurs infrarouges, c'est-à-dire des photomètres infrarouges sans dispersion spectrale, dépend essentiellement d'un filtrage optique efficace, qui ne sensibilise le dispositif de mesure qu'aux radiations situées dans les bandes d'absorption de la substance à doser.

Deux méthodes étaient couramment employées jusqu'à maintenant : celle du filtrage négatif, et celle du filtrage positif par réception sélective dont le champ d'application pour l'analyse de gaz s'étend de plus en plus.

Une autre possibilité de filtrage consiste à soumettre les radiations à une modulation sélective et à utiliser un dispositif de mesure qui ne réponde qu'aux radiations modulées.

Cette modulation sélective peut être réalisée en agissant soit sur la position, soit sur l'intensité des bandes d'absorption. Le premier procédé, utilisé couramment dans la technique des micro-ondes, pourrait s'appliquer aussi, du moins en principe, aux analyseurs de gaz infrarouges. Le deuxième procédé peut reposer sur une variation périodique de l'extinction, produite par exemple pour les gaz, par une variation de pression, ou sur une variation périodique de l'épaisseur de la couche d'une substance absorbante.

Cette dernière méthode, étudiée dans les laboratoires de l'O. N. E. R. A., permet la réalisation de photomètres relativement simples qui s'adaptent surtout à l'analyse de liquides, et dont la figure montre schématiquement la disposition.



Les deux faisceaux lumineux, partant de la source commune S et dirigés respectivement par les miroirs sphériques M_1, M_4, et M_2, M_3, aboutissent aux deux récepteurs R_2 et R_1 qui mesurent, au moyen de l'amplificateur A et de l'instrument de mesure I, la différence des radiations modulées contenues dans les deux faisceaux.

Une image intermédiaire est formée à leur intersection avec la cuve C, en

forme de coin, qui est remplie par un liquide ayant des bandes d'absorption dans le domaine des radiations émises par S. Cette cuve est mise en rotation par le moteur M.

A l'intérieur des bandes d'absorption du liquide, la radiation est modulée par l'effet d'absorption périodiquement variable avec l'épaisseur de la couche absorbante. A l'extérieur des bandes, le coin se comporte comme un disque transparent et homogène, la modulation est pratiquement nulle.

En conséquence, pour l'ensemble du dispositif photométrique, le coin tournant remplit la fonction d'un filtre ayant une bande passante qui correspond exactement aux bandes d'absorption de la substance dans le coin.

Le mélange à analyser se trouve dans la cuve d'analyse A_1.

Une première étude systématique du dispositif a été faite avec le système des trois liquides : benzène, cyclohexane et tétrachlorure de carbone.

Le coin de liquide, enfermé entre deux plaques de fluorure de lithium, avait une épaisseur maximum de 0,02 mm et tournait à 5 t/sec. Dans ces conditions, les effets de mesure se limitent pratiquement aux bandes fondamentales entre 3 et 4 μ.

Avec un mélange de 20 % de cyclohexane et de 80 % de tétrachlorure de carbone dans cette cuve, le taux de modulation dans le domaine des bandes d'absorption n'atteint que 60 % du fait que la transparence varie entre deux valeurs différentes de 0 % et 100 %. Dans ces conditions, la radiation modulée sélectivement ne représente que 2,6 % de celle que l'on obtient en modulant la totalité du faisceau par un secteur métallique.

Avec une cuve d'analyse d'une épaisseur de couche de 0,02 mm, l'effet d'absorption de 1 % (en volume) de cyclohexane, dans du CCl_4, correspond à une diminution de 6,4 % des radiations sélectives ou de 0,17 % des radiations totales.

Cette sélectivité est suffisante pour permettre, avec un dispositif de détection et d'amplification relativement simple et analogue à celui utilisé dans l'analyseur de gaz, de détecter dans le benzène pur des traces d'environ 10^{-3} % en volume de cyclohexane, sensibilité difficilement atteinte avec d'autres méthodes connues.

Malgré certaines limitations, imposées par la structure des bandes d'absorption des liquides, nous croyons que cette nouvelle méthode pourrait trouver, pour des problèmes d'analyse bien définis, une application suffisamment importante pour justifier la mise au point d'un appareil industriel permettant des mesures rapides et continues.

SPECTROGRAPHIE. — *Étude du mécanisme de l'émission dans l'étincelle de Tesla.* Note (*) de M. **Henri Triché** et de Mme **Pierrette Salfati**, présentée par M. Paul Pascal.

L'analyse spectrographique de l'étincelle de Tesla en atmosphère contrôlée montre que le caractère de la décharge est fixé pour un métal déterminé, par la nature du gaz. Les raies d'arc de l'élément de l'électrode sont d'autant plus renforcées que le coefficient spécifique d'ionisation du gaz est plus élevé. Le métal est introduit dans la décharge par la pulvérisation produite par les ions gazeux.

Poursuivant l'étude des facteurs ayant une influence sur l'émission du spectre optique d'un élément d'une électrode, nous avons fait varier la nature du gaz dans lequel jaillit l'étincelle de Tesla. Nous avons choisi cette source à cause du faible échauffement des électrodes. L'appareil où éclate l'étincelle est muni de fenêtres en quartz et permet de faire une circulation de gaz ou d'opérer en atmosphère non renouvelée.

Dans l'oxygène et dans l'azote on obtient sensiblement les mêmes spectres du fer. Le spectre obtenu dans l'air montre par rapport aux précédents un renforcement inattendu et appréciable des raies d'arc par rapport aux raies d'étincelle. Si l'on fait jaillir l'étincelle dans l'air non renouvelé on voit apparaître une coloration jaune, ce qui permet de supposer que l'air ne se comporte pas comme un mélange d'oxygène et d'azote, mais plutôt comme un mélange de bioxyde et de peroxyde d'azote. Pour vérifier cette hypothèse nous avons fait jaillir l'étincelle dans le bioxyde d'azote, le spectre obtenu se rapproche de celui de l'air. Le spectre dans l'ammoniac présente également un renforcement des raies d'arc; dans l'anhydride sulfureux les raies d'arc sont très intenses et les raies d'étincelle ont disparu. Enfin lorsqu'on fait passer l'étincelle dans l'hydrogène, on n'observe aucune raie du fer, mais seulement les raies de la série de Balmer; on obtient le même résultat avec le tungstène.

La considération des potentiels d'ionisation des molécules ou des atomes de gaz ne conduit à aucune explication satisfaisante. Il semble plus logique de considérer les coefficients spécifiques d'ionisation par chocs électroniques (ou efficience d'ionisation) qui sont déterminés expérimentalement par la mesure du nombre de paires d'ions que des électrons d'énergie cinétique déterminée produisent sur un parcours de 1 cm. Bien que ces coefficients aient été déterminés pour une pression de 1 mm de mercure, il est intéressant de constater que pour l'oxygène, l'azote, l'air et le bioxyde d'azote, le renforcement des raies d'arc est d'autant plus grand que les coefficients d'ionisation sont plus élevés. Les courbes de Tate et

(*) Séance du 12 avril 1954.

Smith [1], [2], [3] représentent la variation du coefficient en fonction du voltage; elles classent les gaz dans l'ordre suivant : H_2, O_2, N_2 (A, air, NO). L'étude des spectres du plomb dans l'air et dans l'hydrogène confirme le renforcement des raies d'étincelle dans l'hydrogène.

Le remplacement d'un gaz par un autre gaz à coefficient plus élevé correspond à la formation d'un nombre total d'ions plus grand pour le second gaz que pour le premier et par suite à un courant plus intense et à un caractère d'arc plus prononcé. De plus l'absence de raies dans l'hydrogène, pour le fer et le tungstène, permet de préciser le rôle important du gaz dans l'émission des raies du métal et confirme en particulier que le métal est introduit dans la décharge par le bombardement de l'électrode par les ions gazeux. A un faible coefficient spécifique d'ionisation correspond la formation d'une quantité d'ions insuffisante pour que la quantité de métal arraché soit décelable par ses raies. La faible pulvérisation cathodique dans l'hydrogène se traduit par un temps de pose plus grand que dans l'air (six fois pour le plomb) pour l'obtention de deux spectres d'intensités comparables (Cd, Sn, Zn, Al). La plus grande désintégration dans l'air que dans l'hydrogène est encore confirmée par l'affaiblissement apparent des raies d'arc de grande sensibilité par rapport aux raies d'arc moins sensibles sur le spectre pris dans l'air, l'affaiblissement est dû à l'absorption des raies ultimes par les vapeurs froides du métal plus abondantes dans l'air que dans l'hydrogène. La faible pulvérisation dans l'hydrogène a d'ailleurs été constatée directement puisque l'efficacité des ions gazeux dans la destruction d'une cathode de tungstène croît dans l'ordre : H_2, He, Ne—He, Hg, A [4].

Les métaux ont été classés d'après la vitesse de pulvérisation dans l'argon [5] et dans l'hydrogène [6]. Cependant l'étude de l'intensité des raies ou l'absence de raies ne peut conduire à la même classification des métaux que la vitesse de pulvérisation cathodique car interviennent *a.* la sensibilité propre de chaque métal; *b.* l'élévation locale de température par le bombardement ionique (il peut se produire une fusion locale et par suite un renforcement considérable de la pulvérisation pour les métaux à bas point de fusion); *c.* l'effet photoélectrique; *d.* la réaction du métal pulvérisé sur le gaz (formation d'un brouillard blanc avec le magnésium dans l'air; les spectres du magnésium dans l'hydrogène et dans l'air sont sensiblement les mêmes).

---

(1) J. T. Tate et Smith, *Phys. Rev.*, 23, 1924, p. 450.

(2) F. L. Arnot, *Collision Process in Gases*, p. 40.

(3) Laporte, *Décharge électrique*, p. 19.

(4) *Research Staff of the General Electric Company*, *Phil. Mag.*, 45, 1923, p. 98.

(5) Blechsmidt, *Ann. Physik*, 81, 1926, p. 999.

(6) Güntherschulze, *Z. Physik*, 38, 1926, p. 575.

D'autre part Milbourn [7] qui opère dans l'air avec une autre source que l'étincelle de Tesla trouve que pour la plupart des métaux la volatilisation est effectuée plus rapidement lorsque l'échantillon est la cathode ce qui semble confirmer l'importance de la pulvérisation cathodique.

Enfin la pulvérisation cathodique permet d'expliquer l'influence de l'état physicochimique d'un élément sur son spectre optique (fer et sulfure de fer) [8].

En résumé le caractère de la décharge de Tesla dépend non seulement des caractéristiques du circuit et de la nature des électrodes, mais de la nature des gaz entre les deux électrodes. Celle-ci a une double influence, d'une part par la valeur du coefficient spécifique d'ionisation (à une valeur élevée correspond un caractère d'arc marqué) et d'autre part par l'efficacité de destruction de l'électrode par les ions gazeux (pulvérisation cathodique). D'ailleurs l'efficacité de destruction des ions est d'autant plus grande que le nombre total d'ions qui frappent l'électrode est plus grand, c'est-à-dire que le coefficient d'ionisation spécifique a une valeur plus élevée.

Un Mémoire détaillé paraîtra dans un autre périodique.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Étude des corrélations angulaires α—γ dans* ^{230}Th(Io). II. *Interprétation des résultats.* Note (*) de Mme **Pierrette Benoist** et MM. **Jean Teillac**, **Georges Valladas** et **Paul Falk-Vairant**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Les résultats obtenus [1] dans l'étude des corrélations angulaires α — γ dans l'ionium s'interprètent théoriquement si l'on admet que les niveaux excités de 67,8 keV et de 210 keV du ^{226}Ra ont les spins 2 et 4 et la parité +, que ce sont des niveaux de rotation, et que les corrélations sont atténuées par le couplage du moment quadrupolaire du noyau dans l'état intermédiaire avec les champs électriques environants.

Les fonctions de corrélation déduites des résultats expérimentaux par la méthode des moindres carrés [1] sont les suivantes :

1° Pour le rayonnement γ de 67,8 keV (α_1—γ_1) :

$$W_1(\theta) = 1 + 0{,}300\,P_2(\cos\theta) - 0{,}872\,P_4(\cos\theta).$$

2° Pour le rayonnement γ de 142 keV (α_2—γ_2) :

$$W_2(\theta) = 1 + 0{,}355\,P_2(\cos\theta) - 0{,}202\,P_4(\cos\theta).$$

---

(7) Milbourn, *Spectrochimica Acta*, 5, 1953, p. 483-490.

(8) Triché, *Comptes rendus*, 230, 1950, p. 1659.

(*) Séance du 5 avril 1954.

(1) P. Falk-Vairant, J. Teillac, G. Valladas et P. Benoist, *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1409.

Lorsqu'on corrige ces fonctions pour éliminer les influences de la largeur finie des canaux, de la dimension finie de la source et de l'angle solide d'ouverture du scintillateur on obtient

$$W'_1(\theta) = 1 + 0{,}338\,P_2(\cos\theta) - 0{,}969\,P_4(\cos\theta),$$
$$W'_2(\theta) = 1 + 0{,}375\,P_2(\cos\theta) - 0{,}225\,P_4(\cos\theta).$$

Les différents travaux sur I_0 (²) ont permis d'attribuer au niveau excité de 67,8 keV le spin 2 et la parité + [nature du rayonnement γ : E(2)]; la forme théorique de la fonction de corrélation pour la cascade $\alpha_1-\gamma_1$ devrait donc être celle correspondant aux spins 0^+, 2^+, 0^+ soit (³).

$$W_1^{th}(\theta) = 1 + 0{,}714\,P_2(\cos\theta) - 1{,}714\,P_4(\cos\theta).$$

Pour la cascade $\alpha_2-\gamma_2$ on connaît seulement les spins des états initial et final; le spin J de l'état à 210 keV n'ayant pas été déterminé. Cependant on peut, d'après l'ordre de grandeur du coefficient de conversion (⁴), penser que le rayonnement de 142 keV est soit un E(2) soit un M(1), soit un mélange M(1)+E(2); ce qui limite les valeurs possibles de J à $J = 4^+$ ou $J = 2^+$. La fonction déterminée expérimentalement $W'_2(\theta)$ est compatible soit avec les spins 0^+, 4^+, 2^+, soit 0^+, 2^+, 2^+. Le rayonnement de 142 keV serait un E(2) dans le premier cas, et un mélange M(1)+E(2) avec un poids statistique pour E(2) égal ou supérieur à celui de M(1) dans le deuxième cas. Nous avons admis la première possibilité 0^+, 4^+, 2^+ qui permet une interprétation théorique satisfaisante de l'ensemble des résultats. Dans ces conditions la fonction de corrélation théorique pour $\alpha_2-\gamma_2$ devrait être

$$W_2^{th}(\theta) = 1 + 0{,}510\,P_2(\cos\theta) - 0{,}367\,P_4(\cos\theta).$$

On remarque qu'il est nécessaire d'introduire dans les expressions théoriques des facteurs d'atténuation G_2 et G_4 qui multiplient les coefficients des polynômes de Legendre P_2 et P_4 pour retrouver les corrélations expérimentales $W'_1(\theta)$ et $W'_2(\theta)$, on obtient ainsi :

pour $\alpha_1-\gamma_1$: $G_2 = 0{,}47$, $G_4 = 0{,}57$;
pour $\alpha_2-\gamma_2$: $G_2 = 0{,}74$, $G_4 = 0{,}61$.

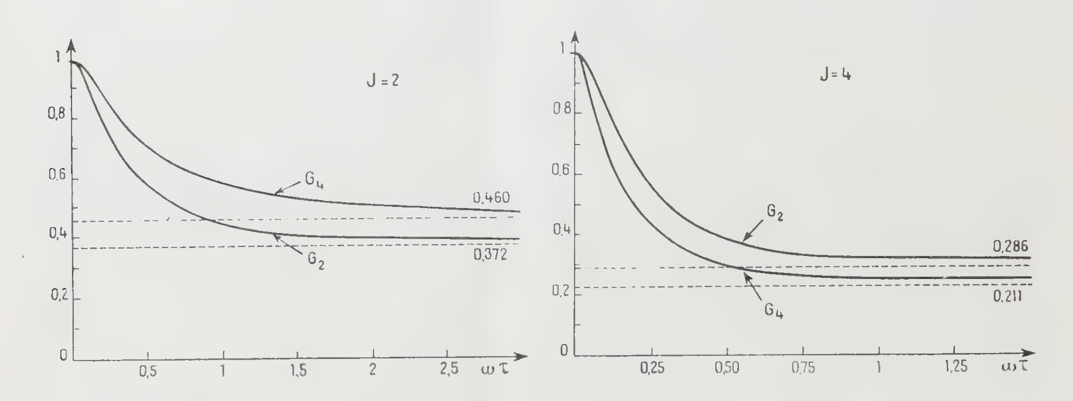
On peut penser que cette atténuation de la corrélation est due au couplage du moment quadrupolaire du noyau dans l'état intermédiaire avec les champs extérieurs. En effet les coefficients G calculés théoriquement (⁵) dépendent du

(²) S. Rosenblum et M. Valadares, *Comptes rendus*, 234, 1952, p. 2359.
(³) L. C. Biedenharn et M. E. Rose, *Rev. Mod. Phys.*, 25, 1953, p. 729.
(⁴) Rosenblum, Valadares, Communication privée.
(⁵) A. Abragam et R. V. Pound, *Phys. Rev.*, 92, 1953, p. 943.

paramètre $\omega\tau$ où

$$\omega \sim \frac{Q}{J(2J-1)}$$

τ, Q et J étant respectivement la vie moyenne, le moment quadrupolaire et le spin de l'état intermédiaire. On a représenté sur la figure 1 la variation de G_2 et G_4 en fonction de $\omega\tau$ pour $J = 2$ et $J = 4$ respectivement, calculés dans l'hypothèse où le milieu environnant est assimilable à une poudre cristalline.



On constate que les valeurs obtenues expérimentalement pour G_2 et G_4 correspondent approximativement à une même valeur du paramètre $\omega\tau$:

$$(\omega\tau)_2 = 1 \qquad \text{pour} \quad W'_1(\theta),$$
$$(\omega\tau)_4 = 0{,}13 \qquad \text{pour} \quad W'_2(\theta).$$

ce qui confirme l'hypothèse des valeurs 2 et 4 des spins (parité +) des niveaux excités étudiés du 226Ra. Ce résultat est en accord avec l'idée de A. Bohr et B. R. Mottelson ([6]) selon laquelle ces niveaux seraient des niveaux de rotation. D'après ([6]) on peut aussi calculer indépendamment $\omega\tau$:

$$\omega\tau \sim \frac{2J+1}{J(J-1)(2J+3)} \frac{1}{E^5} \frac{1}{1+\alpha},$$

où α et E sont respectivement les coefficients de conversion et les énergies des rayonnements γ. On trouve ainsi pour le rapport

$$\frac{(\omega\tau)_4}{(\omega\tau)_2} = 0{,}11 \pm 0{,}04.$$

Ce résultat théorique est en accord avec la valeur $[(\omega\tau)_4/(\omega\tau)_2] = 0{,}13$ déduite des valeurs expérimentales de G_2 et G_4.

([6]) *Dan. Mat. Fys. Medd.*, 27, n° 6, 1953.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur l'apparition d'un type particulier de microstructure superficielle dans un alliage nickel-chrome soumis à une réaction d'oxydation sélective.* Note (*) de MM. **Jacques Benard** et **Jean Moreau**, transmise par M. Albert Portevin.

Au cours d'une étude approfondie de l'oxydation sélective d'un alliage nickel-chrome à faible teneur en chrome par des mélanges d'hydrogène et de vapeur d'eau, nous avons été amenés à observer pour certaines compositions particulières de l'atmosphère et à certaines températures, des modifications imprévues de l'état de surface du métal, que nous nous proposons de décrire et d'expliquer dans cette Note.

L'alliage (4,6 % Cr) a été préparé par fusion au four à induction sous argon, de nickel et de chrome de très haute pureté. L'ensemble des impuretés dosées (Al, Co, Mg, Mn, Si, C) n'excède pas 0,025 %. Après pilonnage et laminage, on obtient des plaquettes d'épaisseur variant de 30 à 50/100e de millimètre. Un soin particulier a été apporté à la préparation de la surface : polissage à l'émeri suivi d'un polissage électrolytique dans un bain phosphoglycérique et enfin chauffage de plusieurs heures à 1 200° dans l'hydrogène pur et sec. A la suite de ces traitements, la surface présente au microscope un aspect spéculaire et seuls les joints des grains apparaissent sous forme de sillons très faiblement marqués.

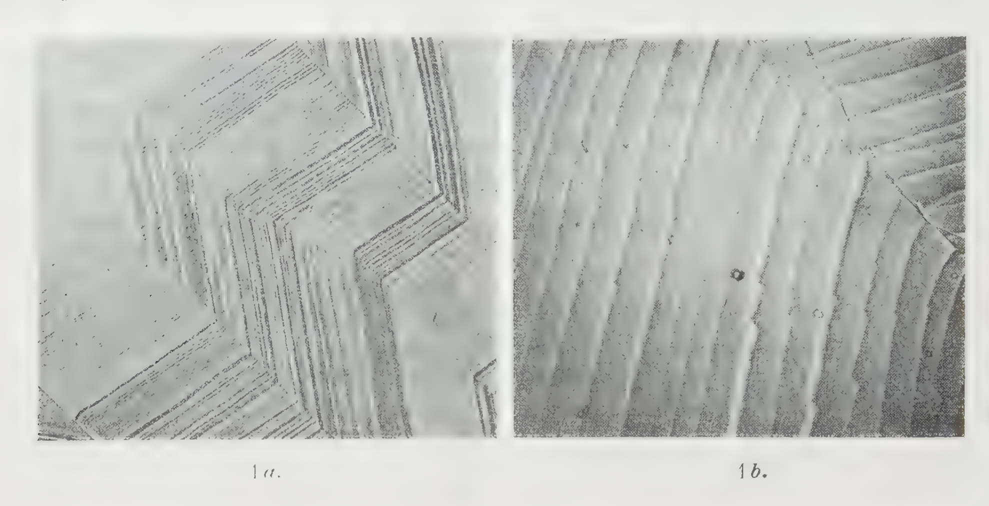
Lorsqu'une surface ainsi préparée est portée à 1 200° en présence d'un mélange d'hydrogène et de vapeur d'eau dont le rapport p_{H_2O}/p_{H_2} est compris entre $3,20.10^{-2}$ et $4,30.10^{-2}$, elle se recouvre en quelques instants d'une couche continue et légèrement granuleuse d'oxyde Cr_2O_3. Lorsque le traitement oxydant se poursuit, la couche précédente tend à se rassembler en certains points de la préparation, laissant apparaître de larges étendues de métal sur lesquelles subsiste un film d'oxyde pratiquement invisible au microscope mais identifiable par la diffraction électronique. On constate en outre que le métal ainsi mis à nu est sillonné de stries parallèles dont la direction est en relation évidente avec l'orientation du réseau cristallin (*fig.* 1 *a*). En général chaque cristal ne présente qu'une seule famille de stries qui correspondent aux intersections d'une famille de plans (111) avec la surface libre. Un examen au microscope électronique (grossissement 2 500) montre qu'il s'agit de véritables figures en relief et que les stries résultent d'une alternance de lignes de crêtes et de sillons correspondant à des dénivellations de quelques dixièmes de micron (*fig.* 1 *b*).

Lorsqu'une surface présentant cet aspect est portée à 1 200° dans l'hydrogène ou dans l'argon rigoureusement purifiés, les stries disparaissent et la surface reprend son aspect spéculaire initial. Elles réapparaissent suivant les mêmes

(*) Séance du 12 avril 1954.

directions sinon strictement aux mêmes emplacements à la suite d'un nouveau traitement oxydant.

Nous pensons pouvoir proposer de ces phénomènes l'explication suivante : l'oxydation sélective du chrome contenu dans l'alliage a pour effet de soustraire de la phase métallique les atomes de chrome voisins de la surface. Du fait de la



1 *a*. 1 *b*.

température élevée, les lacunes ainsi créées dans le réseau se trouvent peu à peu comblées par des atomes de nickel et la surface du métal tend à acquérir à la faveur de cette migration un profil d'équilibre correspondant à la juxtaposition d'éléments de surface constitués par les plans dont l'énergie libre superficielle est minimum. Un tel profil est vraisemblablement instable dans le cas d'une surface métallique rigoureusement nue, par suite de la tension superficielle élevée de celle-ci. Par contre, lorsque le métal est recouvert d'un film d'oxyde mince et adhérent, cette tension superficielle se trouve remplacée par une tension interfaciale métal-oxyde bien inférieure, et les reliefs se trouvent stabilisés.

On s'explique ainsi pourquoi le traitement dans l'hydrogène (qui réduit le film d'oxyde) ou dans l'argon (qui provoque sa coalescence) entraîne la disparition des reliefs et le retour à l'aspect spéculaire. On notera que cette interprétation n'exige nullement que la variation de la tension superficielle du métal à la suite de l'oxydation soit différente suivant les indices cristallographiques des éléments de surface apparents.

Ces faits sont à rapprocher d'observations analogues faites par différents auteurs sur le cuivre (1), (2) et sur l'argent (3), (4). La similitude des conditions

(1) Elam, *Trans. Faraday Soc.*, 32, 1936, p. 1604.

(2) Gwathmey et Benton, *J. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 431 et 569.

(3) Rosenhain et Ewen, *J. Inst. Métals*, 8, 1912, p. 149.

(4) Chalmers, King et Shuttleworth, *Proc. Roy. Soc.*, A 193, 1948, p. 465.

dans lesquelles les stries peuvent apparaître (milieu faiblement oxydant) ou diparaître (milieu neutre ou réducteur) dans tous ces cas est trop frappante pour qu'on ne soit pas tenté de leur attribuer une origine identique. Des expériences complémentaires seront cependant nécessaires avant de décider si l'explication que nous proposons pour les alliages Ni-Cr peut être étendue aux exemples antérieurement signalés.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Contribution à l'étude de la règle d'orientation d'Alder.*

Note de MM. **Max Mousseron, François Winternitz** et **Georges Rouzier**, présentée par M. Marcel Delépine.

Selon la règle d'Alder, une addition diénique s'effectue suivant le maximum d'accumulation des doubles liaisons du diène et du diènophile déterminant ainsi la formation préférentielle d'un des isomères *endo* ou *exo* ([1]).

L'étude des produits de l'addition du cyclopentadiène à l'anhydride phénylmaleique ([2]) permet de conclure à l'existence d'un mélange de deux isomères *endo* et *exo*, inséparables par cristallisation.

L'action du brome en solution chloroformique sur le mélange des diacides conduit à un diacide dibromé et à une bromolactone acide, F 173-176°, isolée quantitativement (30 %) qui, par hydrolyse par la potasse alcoolique à 25 % et acidification, donne une dilactone (A), F 224-25°, correspondant à l'isomère *endo-cis*. L'isomère *exo-cis* conduit à un diacide diol (B).

Les diacides *endo* et *exo* existent donc dans le mélange initial dans les proportions respectives de 30 et 70 % environ.

Cette étude corrobore celle déjà effectuée ([3]) dans le but d'apporter une confirmation de la règle d'Alder relative au « schéma d'orientation ». L'orientation stéréochimique de ces réactions peut être prévue qualitativement ([4]) par construction à l'échelle des schémas d'orientation (I et II) correspondant respectivement aux isomères *exo* et *endo*.

([1]) Alder, *Ann. Chem.*, 571, 1951, p. 157.

([2]) Miller et Mann, *J. Amer. Chem. Soc.*, 72, 1950, p. 1484.

([3]) Mousseron, Winternitz et Rouzier, *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1529.

([4]) E. Butz et L. Butz, *J. Org. Chem.*, 7, 1942, p. 199.

En mesurant pour chacun des schémas les distances entre les doubles liaisons du diène et celles du diénophile, quelle que soit leur nature, l'accumulation maximum se traduit par la plus petite somme de ces distances.

I

II

Cependant, les valeurs D_1 et D_2 relatives aux schémas (I) et (II) qui représentent les sommes des distances entre doubles liaisons, ne permettent pas de conclure à la formation unique d'un seul des isomères ou à celle d'un mélange. Faisant alors intervenir la quantité $1/D = C$ représentant directement l'accumulation en doubles liaisons et ensuite le rapport

$$\frac{C_1}{C_1 + C_2} = \frac{D_2}{D_1 + D_2} = X_1,$$

exprimant pour le schéma (I), par exemple, l'accumulation relative, nous avons posé que le pourcentage T_1 en isomère 1 devait être une fonction de X_1 :

$$T_1 = f(X_1).$$

Une relation linéaire, $T = aX + b$ convient, dont les termes constants ont pu être déterminés en se référant à une réaction qui, avec une accumulation relative minimum, donne un rendement de 100 % en l'un des deux isomères. La réaction choisie, comme pouvant remplir approximativement ces conditions, est l'addition du cyclopentadiène à l'anhydride maléique ; ce qui nous a conduit à la formule empirique : $T = 757X - 328$.

Les prévisions établies par application de cette formule aux réactions étudiées par nous et à quelques exemples de la littérature concordent avec les données expérimentales.

Réactions.	Auteurs.	T calculé (%).	T expérimental (%).
Acide benzoylacrylique-cyclopentadiène.....	Nous	$T_1 = 61$ (*exo*)	60
Acide cinnamique-cyclopentadiène.........	»	$T_1 = 80$ »	85
Anhydride phénylmaléique-cyclopentadiène.	»	$T_1 = 70$ »	70
Anhydride maléique-diméthylfulvène.......	Alder	$T_1 = 56$ »	60
Acétoxytoluquinone-cyclohexadiène........	Butz	$T_1 = 35$ »	39
		$T_2 = 42$ »	55
		$T_3 = 5$ »	0
		$T_4 = 18$ »	6

Ces résultats satisfaisants obtenus à partir d'une formule empirique établie en exprimant simplement la règle d'Alder, en constituent une vérification et représentent, en outre, un moyen de prévoir l'*ordre de grandeur* des proportions des isomères susceptibles de se former au cours de réactions diéniques du type étudié.

GÉOLOGIE. — *Sur l'origine des Serpentines de la Région de Sainte-Marie-aux-Mines (Haut-Rhin).* Note de MM. **Marcel Roubault** et **Gérard Sadran**, présentée par M. Charles Jacob.

L'importance que prend, en pétrographie, le problème des serpentines nous a amené à reconsidérer les interprétations fournies jusqu'à ce jour sur l'origine des serpentines des Vosges et tout particulièrement de celles situées dans les formations gneissiques de Sainte-Marie-aux-Mines.

Les principales observations nouvelles faites à ce sujet sont les suivantes :

Sur le flanc Nord du massif du Brezouard dans la vallée de la petite Liépvre et dans celle du Rauenthal, les serpentines apparaissent en pointements ou en lentilles de dimensions variables et souvent très réduites, aussi bien dans les formations acides (« Leptinites » à grenat) que dans les zones de cipolins. Elles sont encore fréquentes au voisinage des massifs importants d'amphibolite.

Les « Leptinites » à grenat passent progressivement à des bancs ou amandes verdâtres qui peuvent n'avoir parfois que quelques centimètres d'épaisseur. Ces dernières sont essentiellement formées de chlorite et de serpentine et contiennent une quantité plus ou moins importante d'éléments quartzofeldspathiques. Les passées verdâtres semblent augmenter au voisinage des lentilles de serpentines massives.

Les cipolins à minéraux contiennent des lits ou des amandes essentiellement formés de serpentine qui peut elle-même englober ou non des vestiges de ces mêmes minéraux. On peut y observer de même des plages lenticulaires dans lesquelles des minéraux essentiellement magnésiens occupent une disposition zonaire. Ces plages sont alors partiellement constituées de serpentine et d'amphibolite.

Dans certaines formations pegmatitiques connues dans les cipolins, on peut constater le passage des feldspaths à la serpentine. La serpentine remplace progressivement les cristaux de feldspaths dont elle conserve pendant un certain temps les formes extérieures.

Il existe, déjà cités par J. Jung [1], des massifs de serpentine contenant, en amas ou en lits, des vestiges amphiboliques dans lesquels l'amphibole appartient au groupe des edenites. D'après les caractères optiques, les amphiboles localisées dans les cipolins et celles de certains gisements d'amphibolites appartiennent au même groupe.

Il peut exister, autour des serpentines, aussi bien dans les « Leptinites » que dans les cipolins, des zones de bordures claires formées soit de calcite pure dans un cas, soit de quartz associé à quelques rares plages de feldspaths, de chlorite et de serpentine dans l'autre.

Au total, les observations faites montrent qu'il peut y avoir passage direct des calcaires cristallins aux serpentines; qui plus est, celles-ci apparaissent aussi bien dans les gneiss que dans les cipolins ou les amphibolites.

---

[1] *Mém. Carte Géol. Alsace-Lorraine*, n° 2, 1928, p. 190.

Étant donnés l'existence des termes de passage, les modes de gisement et les dimensions souvent réduites de ces amas, les serpentines ne peuvent logiquement provenir ni d'intrusions magmatiques directes, suivant l'hypothèse émise antérieurement par J. Jung (*loc. cit.*), ni de transformations analogues à celles décrites par Michel Longchambon ([2]) dans les Pyrénées. De même, et tout en nous orientant vers l'idée de transformations métamorphiques, nous ne pensons pas que l'hypothèse présentée par l'un de nous (M. R.) ([3]) pour la Kabylie de Collo puisse s'étendre aux Vosges hercyniennes, qui correspondent à une zone de métamorphisme nettement plus profonde. Il nous a paru plus conforme aux faits, de considérer dans ce cas les serpentines comme résultant de la concentration, dans des zones privilégiées, de certains éléments chassés par le métamorphisme des séries calcaires et silicoalumineuses [sortes de « reins d'accumulation » selon l'expression de P. Lapadu-Hargues ([4])].

La disposition lenticulaire, indéniable sur le terrain, pourrait correspondre à la concentration de ces éléments dans une formation sédentaire peut être préalablement « boudinée ».

Cette diposition lenticulaire et l'alignement des plages dans les formations cristallophylliennes soulèvent, dans le cadre de l'hypothèse magmatique, des objections du même genre que celles qui ont été soulevées dans le cas des roches acides, à propos du phénomène dit de l' « injection lit par lit ». Par contre, elles constituent un argument en faveur de l'origine métamorphique telle que nous la proposons.

GÉOLOGIE. — *Sur la constitution du Précambrien inférieur et moyen guyanais.* Note de M. **Boris Choubert**, présentée par M. Paul Fallot.

En 1949, nous avons donné un aperçu de la géologie et de la pétrographie de la Guyane ([1]) dont la particularité est d'être constituée par des terrains métamorphiques et cristallins appartenant sans doute au Précambrien, recouverts au Nord par le Quaternaire marin. Les observations géologiques effectuées postérieurement, soit à la faveur de recherches minières, soit en établissant la première feuille au 1/100 000e, permettent de compléter le schéma présenté à cette époque.

Comme dans tous les pays antécambriens, les subdivisions que nous venons d'établir sont basées sur des caractères structuraux, tectoniques, lithologiques, et également sur les phases de volcanisme et d'activité magmatique.

([2]) *Bull. Ser. Carte Géol. Fr.*, **21**, 1910-1911, p. 323-391.

([3]) *Comptes rendus*, **232**, 1951, p. 2032.

([4]) *Bull. Soc. Géol. Fr.*, **19**, 1949, p. 89-110.

([1]) B. Choubert, *Géologie et pétrographie de la Guyane française*, O. R. S. O. M., Paris, 1949.

Ces régions sont couvertes d'une dense forêt équatoriale et d'épaisses formations superficielles résultant de la décomposition des roches, les affleurements n'existant pratiquement que dans les lits des cours d'eau. Dans nos recherches, que ces conditions particulières rendent difficiles, les photographies aériennes prises par l'Institut géographique national se sont révélées d'un grand secours. Leur étude permet de distinguer les grands ensembles géologiques : les essences d'arbres varient, en effet, en fonction de la nature du sol, qui dépend elle-même du sous-sol. Par ailleurs les formes d'érosion, bien visibles sur les photographies aériennes, diffèrent suivant les séries.

Dans les limites de la feuille de Cayenne, on peut aujourd'hui subdiviser le Précambrien guyanais en trois systèmes : système de l'île de Cayenne (Précambrien inférieur); système de Paramaca (Précambrien moyen); système de l'Orapu (Précambrien supérieur).

1° *Système de l'Ile de Cayenne.* — D'origine sédimentaire, les séries qui le composent sont les plus anciennes actuellement connues en Guyane. Elles sont formées d'amphibolites compactes à grain fin et contenant parfois des grenats, de quartzites cristallins à pyroxène ou amphybole, de cornéennes à pyroxène, d'amphibolites feldspathiques à pyroxène et biotite.

Ces roches sont particulièrement bien représentées dans le massif du Grand Matoury. Elles sont traversées par des gabbros, des diorites et des anorthosites. L'ensemble, fortement granitisé par endroits, passe à des migmatites formant des affleurements continus sur la côte nord et est (Bourda) de l'Ile de Cayenne, où existent aussi des gneiss feldspathisés. Les plissements sont orientés Nord Est-Sud Ouest à l'Ouest, et Est-Ouest à l'Est. Les pendages, très redressés à l'Ouest, sont plus faibles vers l'Est et principalement dirigés vers le Sud.

Les granites qui traversent ce système sont insuffisamment connus du point de vue physicochimique. Toutefois, l'étude des migmatites amène à constater l'existence de plusieurs venues.

Le système se compose, semble-t-il, de plusieurs séries qui ne sont pas encore nettement individualisées. Outre les roches énumérées ci-dessus, il contient des niveaux calcaires, à en juger d'après les enclaves calciques riches en minéraux de métamorphisme (wernérite, sphène, diopside, etc.) observées dans certains granites.

2° *Système de Paramaca.* — Les terrains qui le composent apparaissent vers le Sud-Est de la feuille et forment les montagnes de Roura et de Kaw, ainsi que la région accidentée située entre les rivières Comté et Orapu. Ils comprennent des chloritoschistes, des talcschistes, des micacites, des schistes micacés, des roches détritiques, des quartzites et des dolomies.

Ils sont, de plus, traversés par de puissantes venues éruptives : gabbros, diorites, pyroxénolites, et également de roches ultrabasiques transformées en serpentines et en talc. Des coulées de laves — andésites, basaltes et rhyolites,

accompagnés de cinérites et de brèches volcaniques — leur sont associées. Il semble que les éruptions se soient succédées pendant une assez longue période. Les types andésitiques et rhyolitiques dominent.

La série de Paramaca est plissée et traversée par des granites calco-alcalins qui occupent de vastes superficies. Ceux-ci forment de larges zones de migmatites, qui n'apparaissent pas sur la feuille de Cayenne, mais existent en d'autres régions de la Guyane (bassin de la Sinnamary; rivière Leblond).

Dans les montagnes de Kaw, où les observations sont particulièrement difficiles à cause de la rareté des affleurements, existe une bande de terrains de direction Ouest Nord-Ouest-Est Sud-Est, contenant des roches dolomitiques, des quartzites tectonisés et recristallisés, des schistes argileux avec horizons d'hématite, des quartzites rubanés à hématite et des conglomérats plus ou moins bréchoïdes. Ces ensembles sont comparables à ceux qui ont été décrits au Brésil dans les séries de Minas et d'Itacolumi.

La présence de conglomérats et la direction des plissements font penser qu'une fraction de ces terrains appartient peut-être au groupe suivant. Il est important de signaler dans cette série des niveaux de minerai de fer ayant tous les caractères des itabirites brésiliennes.

PÉTROGRAPHIE. — *Remarques sur les faciès de métamorphisme.* Note (*) de M. **René Perrin**, présentée par M. Charles Jacob.

P. Eskola ([1]) s'appuyant sur des conceptions théoriques de V. M. Goldschmidt ([2]), a introduit la notion des faciès de métamorphisme; la classification en green schist, épidote, amphibolite, amphibolite et granulite, faciès caractérisant des zones de plus en plus profondes, a acquis droit de cité. Elle a été approfondie par H. Ramberg ([3]).

Les bases de cette conception sont que l'équilibre chimique entre minéraux est réalisé dans les terrains métamorphiques, et que les assemblages minéraux ont été déterminés par les conditions de température et pression (P, T) atteintes. P représente la pression hydrostatique liée à la profondeur. Ces idées conduisent les auteurs à formuler de nombreuses réactions d'équilibre réversible entre les divers minéraux, comme par exemple : grenat + cyanite $\rightleftharpoons$ cordiérite, réactions influencées par P et T, d'où une tendance à faire de certains minéraux de véritables indicateurs de P et T, et l'on cherche à déterminer les températures et pressions

(*) Séance du 12 avril 1954.

([1]) *Norsk. Geol. Tids.*, 6, 1921, p. 143.

([2]) *I, Mat. naturv. Kl. Kristiana*, n° 11, 1911.

([3]) *The origin of metamorphic and metasomatic rocks*, The University of Chicago Press, 1952.

limites de leur stabilité afin d'obtenir des thermomètres et baromètres géologiques.

Il y a une part importante de vérité dans cette conception qui est souvent conforme à l'observation, mais celle-ci montre cependant, dans des cas précis, la coexistence à très faible distance de divers faciès. Par exemple, au Lac de la Girotte (Savoie), on observe non seulement le passage en quelques mètres, dans une série de faible épaisseur, de schistes cristallins à chlorite et séricite à des roches à épidote et amphibole, mais aussi l'intercalation au sein de celles-ci de bancs de faciès green schist. Les conditions de pression hydrostatique et de température n'ont pu être différentes à quelques mètres de distance. La règle théorique est donc trop absolue. Il semble qu'il est à cela différentes raisons.

1° L'équilibre chimique entre minéraux n'a pas toujours été atteint; certains faits le montrent, comme l'existence de cristaux incomplètement transformés, la présence, au contact de strates différentes, de « zones de réactions » d'épaisseurs faibles, etc.

De façon générale, l'application dés lois de Le Châtelier veut que la difficulté de déformation des bâtis de terrains s'oppose à l'établissement de l'équilibre chimique si celui-ci tend à entraîner des variations de volume importantes; il s'établit un compromis entre une « action » de moteur chimique et une « réaction » d'ordre mécanique, et l'on ne peut affirmer que l'équilibre soit toujours atteint.

2° La validité des équations d'équilibre entre minéraux suppose que les minéraux réagissant soient réunis dans la zone considérée à même P et T, c'est-à-dire que n'interviennent que des diffusions à courte distance. On sait qu'il n'en est point ainsi et qu'il y a transport de substances à longue distance.

Pour expliquer ces transports, Ramberg, à son tour, considère comme un processus important de genèse des roches les « long distance diffusion through solid rocks » que j'ai envisagées en 1934 ([4]), et que M. Roubault et moi avons depuis sans cesse considérées comme essentielles. Ces diffusions dans une écorce, que la géophysique semble montrer être cristalline jusqu'à de grandes profondeurs, supposent la tendance à l'établissement d'un équilibre chimique entre des minéraux soumis à des conditions de P et T différentes, équilibre qui n'est pas le même que l'équilibre entre les mêmes minéraux soumis à des conditions de P et T identiques.

3° La théorie des faciès admet que la pression P est en chaque point la pression hydrostatique. Ceci suppose que les roches puissent être toujours assimilées à des liquides, ce qui est démenti par de nombreux faits, même en profondeur : existence de cavités miarolithiques, de géodes, séismes à

([4]) R. Perrin, *Annales des Mines*, septembre 1934.

épicentres profonds; fissurations ouvrant la voie aux laves. Lors des déformations corrélatives au métamorphisme, certaines parties de terrains sont mises en tension, d'autres en compression, sans qu'il y ait, comme dans un liquide, égalisation immédiate des pressions, et les possibilités de développement de mêmes minéraux sont inégales d'un point à l'autre, ce que confirme l'observation.

4° La naissance et la croissance d'un minéral dans une roche solide, ne correspondent pas automatiquement, comme le souligne après nous Ramberg, au remplacement, volume pour volume *stricto sensu*; en l'absence d'une transmission hydrostatique, le développement de ces cristaux engendre des variations localisées de pressions pouvant être importantes, dans un sens ou dans l'autre, selon que le nouveau minéral occupe un volume plus grand ou moins grand que les minéraux préexistants qu'il remplace.

5° Des dégagements locaux de chaleur peuvent se produire dans des zones de friction, ou du fait de l'exothermie des réactions chimiques; la chaleur dégagée par celle-ci peut conduire jusqu'au volcanisme, comme j'en ai fait l'hypothèse sous forme générale ([5]), et Ramberg pour des cas particuliers.

Pour toutes ces raisons, on ne peut affirmer que la pression et la température atteintes sont toujours fonction de la profondeur, ni que certains minéraux, caractérisant des faciès, puissent toujours servir de baromètre et de thermomètre, ce que montre bien l'exemple de la Girotte, qui est loin d'être isolé. Les faciès de métamorphisme de P. Eskola ne seraient donc qu'une intéressante approximation; de même que les zones de métamorphisme de Grubenmann ou d'isométamorphisme de J. Jung et M. Roques ([6]).

PALÉONTOLOGIE. — *Présence d'une microstructure du type* Acanthiné *chez des Tabulés dévoniens du Sud-Oranais :* Holacanthopora *nov. gen.* Note de M[lle] **Dorothée Le Maître**, transmise par M. Gaston Delépine.

De nouvelles études sur des Tabulés dévoniens recueillis dans le Sud-Oranais m'ont permis de déceler des formes à microstructure non encore décrite et figurée. Cette Note a pour objet de faire connaître ces Polypiers, pour lesquels je propose le nom de *Holacanthopora*, l'espèce type étant *Holacanthopora fascialis* Le Maître, et la microstructure de ce nouveau genre.

1. Caractères généraux du genre *Holacanthopora* nov. gen. — Ce genre comprend des colonies de deux formes distinctes :

([5]) R. Perrin, *Comptes rendus*, 236, 1953, p. 948.

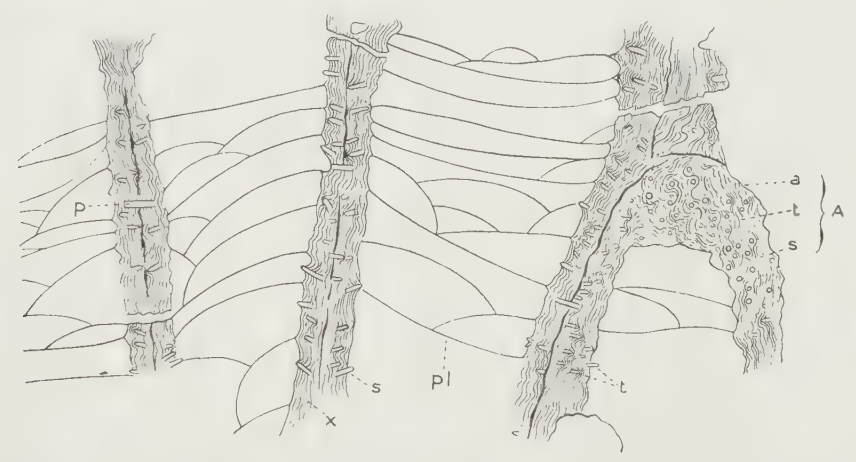
([6]) *Revue des Sciences naturelles d'Auvergne*, 1, fasc. 4, 1936.

1° Colonies fasciculées de 27 à 76 mm de longueur, en forme de touffes, de bouquets, à polypiérites le plus souvent jointifs, se multipliant par gemmation latérale. L'épithèque épaisse, à grosses rides transversales, émet de courts processus de connexion entre les polypiérites voisins. Diamètre moyen des calices : 7 mm. Les parois calicinales portent des rides septales faites de granules et des pores disposés sans ordre apparent, à diamètre pouvant atteindre 0,26 mm.

Tels sont les caractères externes de *Holacanthopora fascialis*, l'espèce type, figurée antérieurement sous le nom de « *Michelinia* » (*Ethmoplax*) *fascialis* [1].

2° D'autres colonies à microstructure identique à celle de *H. fascialis* en diffèrent cependant : ce sont des fragments de colonies cylindriques ou applaties, simples ou bifurquées, ne dépassant pas 7 mm de diamètre. Je considère ces colonies comme appartenant à une autre espèce que je désigne ici sous le nom de *Holacanthopora gracilis* sp. nov.

Ces colonies ont été recueillies dans la Saoura, et au Nord de l'Erg el Djemel, toutes dans l'*Eifélien inférieur*.



Coupe longitudinale de *Holacanthopora fascialis* Le Maître. — En A : coupe parallèle à la paroi; X : sclérenchyme lamellaire; p : pore mural; pl : planchers vésiculeux; S : épine septale trabéculaire; t : trabécule. (Gr. — 6.)

2. *Microstructure de H. fascialis.* — Je ne reviens pas ici sur les caractères des planchers et pores observés sur les coupes longitudinales et transversales de *H. fascialis* [2], mais seulement sur la microstructure.

En coupe longitudinale (figure) la paroi d'un polypiérite est formée : d'un axe interrompu ici et là par les pores (p).

Cet axe est flanqué intérieurement par du sclérenchyme dont l'épaisseur, à peu près constante dans une même colonie, est de l'ordre de 0,75 mm. Le sclérenchyme est fait de lamelles sinueuses, sensiblement parallèles entre elles, s'etendant le long de l'axe. Parmi ces lamelles apparaissent des trabécules indépendants (t) ayant la forme de minuscules bâtonnets qui se détachent nettement par leur teinte plus claire. Ceux-ci, perpendiculaires ou obliques aux lamelles de sclérenchyme, sont répartis sur plusieurs rangées parallèles; on en voit poindre à l'intérieur des polypiérites constituant ainsi des épines septales (s); leur diamètre est de 0,07 mm.

---

(1) Le Maître, *Faune du Dévonien inférieur et moyen de la Saoura et des abords de l'Erg el Djemel*, 1952, pl. IV, fig. 3 à 6.

(2) Le Maître, *op. cit.*, p. 31, pl. IV, fig. 7 et 8.

Quand la coupe est tangentielle à la paroi, les sections de trabécules apparaissent sous forme de petits corpuscules arrondis, de teinte claire, disséminés dans le sclérenchyme lamellaire (*fig.* en *a*).

Les planchers vésiculeux très minces, ne montrent pas de structure spéciale. Néanmoins sur l'une de nos lames minces, l'un d'entre eux, plus épais, laisse voir du sclérenchyme fait de fibres paraissant disposées « en échelon » comme il en apparaît chez le Tétracoralliaire silurien : *Tryplasma primum* Hill.

En résumé, la microstructure murale du genre *Holacanthopora* consiste en trabécules du type *holacanthe* enrobés dans du sclérenchyme lamellaire. Chaque épine septale est formée par un seul holacanthe.

Cette structure encore inédite pour les Tabulés, est connue chez des Tétracoralliaires gothlandiens : *Acanthocyclus transiens* Hill, *Triplasma prismum* Hill et *Tryplasma flexuosum* Linné.

Étant donné l'intérêt que présente la microstructure des Coraux, l'importance qu'elle doit prendre au point de vue systématique, le fait d'avoir trouvé chez des Tabulés dévoniens, un type de structure de Tétracoralliaires, devait être signalé, tout en évitant d'en tirer des conclusions générales qui seraient encore prématurées.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Étude de la composition des sécrétions d'abiétinées : l'oléorésine de* Pinus leucodermis. Note de M. **René Lombard** et Mme **Bozica Rotovic**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons apporté divers perfectionnements à la méthode de caractérisation et de dosage des constituants des sécrétions d'abiétinées que l'un de nous a décrite antérieurement ([1]) et nous en faisons l'application à l'oléorésine du *Pinus leucodermis* (P. Heldreichii Christ var. leucodermis Antoine Markgraf).

L'essorage de l'oléorésine de *Pinus leucodermis* (I. A. 99,1) six mois après la récolte a donné 23 % de galipot G et 77 % d'un liquide homogène B (baume).

Le liquide B (I. A. 86,25) a été soumis à un entraînement à la vapeur qui a fourni 20,5 % d'essence E et 79,5 % d'une colophane molle C_b. La rectification de l'essence a donné quatre fractions :

	$\acute{E}_{14}$.	d_4^{20}.	n_D^{20}.	$[\alpha]_j$.
E_a (21,5 %)	55 -60°	0,8598	1,4696	— 72,3°
E_b (25,4 %)	60,5-64°	0,8469	1,4713	— 91,3°
E_c (40,6 %)	64 -66°	0,8467	1,4724	— 103,56°
H_a (12,6 %)	–	0,9247	–	

Les fractions E_b, E_c contiennent essentiellement du limonène caractérisé par son tétrabromure (F 104°) préparé selon la technique de Wallach améliorée

([1]) Lombard, *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 523 et **222**, 1946, p. 237.

par Baeyer et Villiger ([2]); sa présence a été confirmée par spectrographie Raman (raies 1650-1680); la fraction E_a est un mélange de limonène et de pinène, ce dernier caractérisé par son nitrosochlorure (F 103°) préparé selon la technique de Rupe et Löffl ([3]); sa présence a été confirmée par spectrographie Raman (raie 1647).

La colophane molle C_b (I. A. 115,3), par distillation sous vide poussé, donne un distillat liquide H_b peu acide de densité 0,95 environ et une colophane dure C_{bd} (I. A. 177,5).

La nature des huiles H_a et H_b n'a pas été élucidée; elles s'apparentent évidemment à l'insaponifiable de la colophane.

En vue de préciser la nature des constituants acides de l'oléorésine de *P. leucodermis* on a d'abord étudié le galipot; sa courbe d'isomérisation chlorhydrique et son spectre d'absorption de la lumière ultraviolette montrent qu'il est comparable au galipot de *P. maritima* dont il possède manifestement les mêmes constituants, c'est-à-dire les acides abiétique, néoabiétique, lévopimarique, dextropimarique et isodextropimarique.

L'isomérisation chlorhydrique du galipot de *P. leucodermis* est caractérisée par $\alpha_i = -85°$, $\alpha_m = -8°$, $\alpha_l = -54°$ (notations de Lombard, *loc. cit.*); on en déduit la proportion d'acide lévopimarique $(\alpha_m - \alpha_i)/192$ soit 40 % ; le dosage par diénométrie, plus exact, a donné 37 %.

L'acide abiétique et l'acide néoabiétique sont dosés par spectrophotométrie dans l'ultraviolet (en solution alcoolique) en utilisant pour l'acide abiétique les coefficients d'extinction moléculaires suivants : $\varepsilon_{235} = 22\,000$, $\varepsilon_{240} = 22\,800$, $\varepsilon_{250} = 11\,000$ et pour l'acide néoabiétique les coefficients d'extinction moléculaires suivants : $\varepsilon_{235} = 18\,000$, $\varepsilon_{240} = 21\,000$, $\varepsilon_{250} = 24\,000$ ([4]).

Noter que l'absorption de l'acide lévopimarique et des autres constituants est négligeable à côté de celle des précédents, dans l'intervalle spectral considéré.

La spectrophotométrie donne, pour le galipot, les valeurs suivantes du coefficient d'extinction moléculaire : $\varepsilon_{235} = 6\,260$, $\varepsilon_{240} = 6\,640$, $\varepsilon_{250} = 6\,520$; à partir de ces données la loi de Lambert-Beer permet de calculer sa teneur en acide abiétique 11 % et sa teneur en acide néoabiétique 23 % ; sa teneur en acide lévopimarique étant de 37 %, il reste 29 % pour les acides dextropimarique et isodextropimarique. Dans l'état actuel de nos connaissances il ne semble guère possible de préciser la part qui revient à chacun.

On a ensuite étudié les acides totaux de l'oléorésine en les précipitant en bloc à l'état de sels de cyclohexylamine ([5]); leur étude spectrophotométrique

---

([2]) *Ann. der chem.*, **227**, 1885, p. 277; *Ber. d. chem. Gesells*, **27**, 1894, p. 448.

([3]) *Helv. chim. Acta*, **4**, 1921, p. 149.

([4]) Lombard et Frey, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, M, p. 1021.

([5]) Harris et Sanderson, *J. Am. Chem. Soc.*, **70**, 1948, p. 335.

a été faite directement sur le sel de cyclohexylamine qui est suffisamment soluble dans l'alcool absolu (on utilise des solutions à 15 mg/l). L'expérience montre qu'il y a à peu près identité entre les acides totaux et le galipot, ce qui n'était pas évident *a priori*.

Les résultats qui précèdent permettent d'établir comme suit la composition de l'oléorésine de *P. leucodermis* :

Pinène	2 %	Acide abiétique	6 %
Limonène	15 »	» néoabiétique	13 »
Huiles	27 »	» lévopimarique	21 »
		» dextropimarique et iso-dextropimarique	16 »

La méthode peut évidemment être généralisée.

STATISTIQUE PHYSIOLOGIQUE. — *Autocorrélation d'un électrocardiogramme.* Note (*) de MM. **Alexandre Favre, Jean Gaviglio, Renaud Rinaldi, Marius Audier**, présentée par M. Maurice Roy.

Premières mesures d'autocorrélation d'électrocardiogramme. Comparaison avec la méthode classique d'analyse harmonique. La méthode pourra être employée pour mesurer la corrélation dans le temps entre deux grandeurs physiologiques.

A titre d'utilisation nouvelle de l'appareil de mesures statistiques de la corrélation dans le temps, que nous avons réalisé pour l'étude de la turbulence des fluides [1], nous avons effectué quelques mesures d'autocorrélation d'un électrocardiogramme.

Rappelons que l'appareil enregistre simultanément, sur rubans magnétiques, et reproduit avec un retard relatif T, les deux tensions électriques représentant les grandeurs à étudier, et mesure leur coefficient de corrélation dans le temps. Dans le cas particulier d'une seule grandeur, comparée à elle-même différée de T, on obtient le coefficient d'autocorrélation.

L'électrocardiogramme a été étudié comparativement, d'une part, par la méthode classique d'analyse harmonique d'un enregistrement photographique, et d'autre part, par mesure de l'autocorrélation d'un enregistrement magnétique. On sait que la transformation de Fourier de la courbe d'autocorrélation permet d'obtenir le spectre correspondant en énergie.

(*) Séance du 12 avril 1954.

[1] A. Favre, *VIe Congr. Intern. Mécan. Appl.*, Paris, 1946; *VIIe Congr. Intern. Mécan. Appl.*, Londres, 1948; *Publ. Scient. et Techn. Min. Air*, n° 251, 1951; *Publ. O. N. E. R. A.*, n° 67, 1953; A. Favre, J. Gaviglio et R. Dumas, *VIIIe Congr. Intern. Mécan. Appl.*, Istanbul, 1952; *La Rech. Aéron.*, nos 31 et 32, 1953; *La Rech. Aéron.*, n° 38, 1954; *Comptes rendus*, 238, 1954, p. 1561.

Pour ces premières expériences, faites sur un sujet normal, les électrodes étaient placées aux extrémités des membres supérieurs (dérivation D_1). Les résultats des deux dernières séries de mesures d'autocorrélation sont présentés sur la figure 1, en fonction de la pseudo-période fondamentale unitaire. Au cours de ces expériences, ayant eu chacune une durée de deux heures environ, une variation de l'ordre de ± 5 % de cette pseudo-période fondamentale a été constatée.

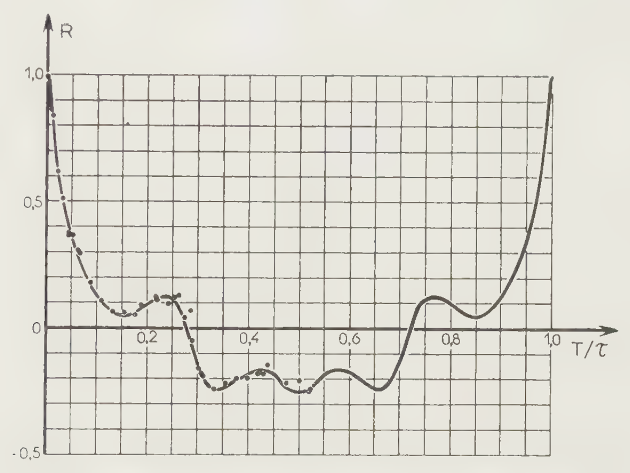


Fig. 1. — Autocorrélation d'un électrocardiogramme.

L'électrocardiogramme a été obtenu au cours d'une autre série d'expériences d'une durée de quelques minutes. La figure 2 en reproduit un fragment (période τ).

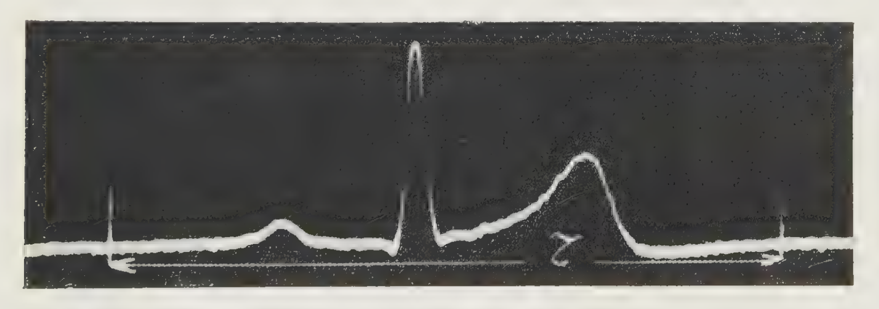


Fig. 2. — Électrocardiogramme.

La figure 3 présente, comparativement, les spectres des amplitudes Y en fonction du rang p des harmoniques, limités provisoirement au neuvième rang (l'énergie totale, dans la bande examinée, a été égalée dans les deux cas).

	p............	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Y	Méth. class.......	0,565	0,214	0,200	0,446	0,446	0,148	0,176	0,260	0,272
	Méth. auto. corr...	0,629	0,322	0,294	0,410	0,330	0,045	0,245	0,228	0,152

On constate que, à l'exception de l'harmonique de rang six, le plus faible, la concordance des résultats obtenus par les deux méthodes est assez satisfaisante, pour une première approximation.



Fig. 3. — Comparaison des spectres, en amplitudes, obtenus par les deux méthodes
------- classique ——— autocorrélation.

Nous nous proposons d'une part de prélever chaque série de mesures dans une collection plus stable, en diminuant la durée des enregistrements magnétiques pour les mesures de corrélation, de réaliser simultanément les enregistrements photographiques pour l'analyse harmonique, de tracer les spectres pour un intervalle de fréquences plus large, et d'autre part d'étendre les mesures à la corrélation dans le temps entre deux grandeurs différentes.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Identification de la glycérylphosphorylcholine dans le sperme.* Note de Mme **Marthe Diament**, présentée par M. Maurice Javillier.

E. Kahane et Jeanne Lévy (1) constatent en 1936 que le sperme humain, réputé pour être la substance biologique la plus riche en choline libre (CL), ne contient pas de choline au moment de son émission. La choline apparaît par dégradation enzymatique d'un précurseur à fonction ester phosphorique. Lundquist (2) caractérise en 1947 la phosphorylcholine (PC) dans l'extrait trichloracétique du sperme humain; il y reconnaît un ester hydrosoluble qu'il considère comme le « précurseur naturel » de la choline, capable de libérer celle-ci sous l'influence phosphatasique de la prostate. Il identifie à la PC la totalité du précurseur, bien que la substance isolée à l'état pur ne représente qu'une partie du précurseur dosé dans l'extrait.

---

(1) *Comptes rendus*, 202, 1936, p. 2186.
(2) *Nature*, 158, 1946, p. 710.

L'hypothèse de Lundquist sur la présence de PC dans les vésicules séminales est infirmée par nos recherches. Nous avons identifié avec E. Kahane et Jeanne Lévy ([3]), la glycérylphosphorylcholine comme constituant des vésicules séminales de Rat, et nous n'avons pu y déceler la présence de la PC par les techniques qui ont cependant permis de constater la présence de celle-ci dans le foie d'Agneau ([4]). Nous sommes d'accord avec Lundquist sur la possibilité d'extraire de la PC à partir du sperme humain. Mais cette substance n'est pas le seul ester hydrosoluble phosphorylé que nous y trouvions, puisque nous y dosons aussi de la « choline hydrosoluble combinée » (CHC) facilement hydrolysable en milieu acide et hydrolysable en milieu alcalin :

	Par échantillon de sperme (mg).		
	CL.	CHT.	CHC.
1.	0,68	3,08	2,4
2.	traces	3,86	3,86
3.	traces	3,81	3,81
4.	5,58	5,76	0,18
5.	6,98	8,64	1,66
6.	4,94	7,49	2,55

La choline hydrosoluble totale (CHT) est dosée après l'hydrolyse nitrique ou barytique qui fournissent des résultats identiques ([5]). Tous les résultats sont exprimés en ion cholinium : $N(CH_3)_3C_2H_4OH = 104$.

Nous isolons la totalité de cette fraction CHC sous la forme de ferrichlorure ([3]) et nous l'identifions par l'analyse à la GPC : trouvé % N 1,69, C 12,60, C/N = 8,07. Calculé % C/N = 8,0. Nous l'identifions également par chromatographie sur papier.

Or, la GPC est un ester beaucoup plus sensible à l'hydrolyse chimique que la PC. Il n'est pas étonnant que sa présence ait pu échapper aux recherches de Lundquist. Cet auteur recueille en effet le sperme dans l'acide trichloracétique dont l'action brutale provoque une dégradation sensible des lécithines et surtout des esters hydrosolubles labiles de la choline. On pourrait même se demander si la PC trouvée dans ces conditions n'est pas un artefact et ne résulte pas d'une hydrolyse anormale de la GPC.

Nous dosons également de la PC dans du sperme non déféqué ainsi que dans le précipité de défécation ferrique après sa dissolution par l'acide sulfurique ([4]). Les teneurs en PC, très différentes, atteignent en moyenne, comme pour la GPC, le chiffre de 1 mg pour 1 ml de sperme. Mais il n'est pas possible de préciser s'il s'agit de PC « préformée ». En effet, si lors de nos traitements le

---

([3]) *Comptes rendus*, 235, 1952, p. 1058.

([4]) M. Diament, *Thèse Doct. ès Sciences*, Paris, 1954.

([5]) G. Ducet et E. Kahane, *Bull. Soc. Chim. biol.*, 28, 1946, p. 794.

sperme n'est pas exposé à l'action brutale des réactifs chimiques, ses constituants sont cependant soumis à son activité enzymatique propre. Or, E. Kahane et Jeanne Lévy ont attiré l'attention sur l'action rapide de la phosphatase du sperme sur le précurseur de la choline de ce liquide biologique ([1]). En effet, nous constatons (expériences 4 et 5 du tableau) dans le sperme fixé seulement 5 mn après son émission, la présence de quantités notables de CL (expérience 5), et la dégradation intégrale de la GPC en CL (expérience 4). Si la GPC est dégradée par la phosphatase en un laps de temps pouvant être compté en minutes, il n'en est pas de même en ce qui concerne l'activité phosphatasique du sperme sur la PC. Celle-ci résiste beaucoup plus longtemps à l'autolyse du sperme que la GPC.

Une heure d'autolyse laisse subsister la quantité importante de 4,54 mg de PC; après 3 h nous trouvons encore 0,42 mg de ce constituant et il faut une durée de 6 h pour voir transformer la PC intégralement en CL. La GPC est donc un ester beaucoup labile que la PC; elle subit facilement l'hydrolyse chimique et aussi la dégradation enzymatique, comme nous le constatons par l'analyse du sperme vieilli.

L'étude des spermes de Taureau, Verrat, Bouc et Lapin, nous montre des différences très sensibles dans la nature et le taux des esters hydrosolubles de la choline, GPC et PC.

Nous ne considérons cependant pas nos résultats sur la PC, et à plus forte raison ceux de Lundquist, comme définitifs. L'exemple de la lécithine isolée, et l'exemple du foie d'Agneau, nous montrent l'apparition de la PC dans des extraits aqueux qui n'en contenaient pas à l'origine ([4]). L'identification de ce corps résulte parfois d'un artefact, et n'est pas nécessairement le témoin de sa présence dans le tissu.

Nous identifions la glycérylphosphorylcholine parmi les constituants du sperme humain. Lundquist caractérise la phosphorylcholine dans cette substance biologique. Nous admettons, soit qu'il y a artefact dans la technique d'isolement de Lundquist, soit qu'il y a présence simultanée des deux principes.

La séance est levée à 15 h 35 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de mars 1954

(*suite*).

Extraits du *Journal de physique et le radium*. — 1927, série 6. T. VIII, n° 1 : *Application de la photographie sur plaque mobile à l'étude du mouvement des projectiles. Mesure de la vitesse initiale*, par Gabriel Foëx. — 1929, série 6. T. X, n° 12 : *Les propriétés magnétiques des substances mésomorphes*, par Gabriel Foëx. — 1931, série 7. T. II, n° 9 : *Propriétés magnétiques du platine. Différentes variétés. Influence du champ. Passage d'un état à un autre*, par Paule Collet et Gabriel Foëx. — 1931, série 7. T. II, n° 11 : *Variations du moment atomique chez les paramagnétiques et variétés diverses d'un même ion*, par Gabriel Foëx. — 1932, série 7. T. III, n° 8 : *Chlorures de nickel et de cobalt en solution. Variétés magnétiques. Relations linéaires entre constantes de Curie*, par Gabriel Foëx. — 1933, série 7. T. IV, n° 9 : *Recherches récentes sur le paramagnétisme et les moments atomiques*, par Gabriel Foëx. — 1938, série 7. T. IX, n° 1 : *Propriétés magnétiques et ionisation des atomes dans un alliage. Étude expérimentale de quelques siliciures*, par Gabriel Foëx. — 1951. T. XV : *Les champs moléculaires négatifs élevés et les différents mécanismes du passage de l'antiferromagnétisme au paramagnétisme de Weiss*, par Gabriel Foëx; 8 fasc. 27 cm.

Les substances mésomorphes. Leurs propriétés magnétiques, par Gabriel Foëx. Conférence faite au Conservatoire national des Arts et Métiers, le 29 avril 1929. Paris, Librairie scientifique Hermann, 1930; 1 fasc. 25,5 cm.

Le paramagnétisme indépendant de la température, par Gabriel Foëx. Reprinted from *Anniversary volume of the Sciences Reports of the Tôhoku Imperial University*, séries 1. Sendaï, 1936; 1 fasc. 26,5 cm.

Institut international de coopération intellectuelle. Service central de la recherche scientifique de France. Réunions d'études sur le magnétisme. *Problèmes posés par les expériences récentes en paramagnétisme. Rapport* présenté par Gabriel Foëx. Strasbourg, 21-25 mai 1939; 1 exemplaire polycopié 31 cm.

Mémorial des sciences physiques. Fasc. 27. *Les lois expérimentales du paramagnétisme*, par Gabriel Foëx. Paris, Gauthier-Villars, 1935; 1 fasc. 25,5 cm.

Extrait des *Actes du VII*ᵉ *Congrès international du froid*, 1936. *Cryostat utilisé dans les mesures de susceptibilité magnétique*, par Gabriel Foëx; 1 feuillet 25 cm.

Données fournies par le magnétisme sur l'état d'ionisation des métaux de la famille du fer dans des composés contenant un seul constituant magnétique, par Gabriel Foëx. Extrait du *Colloque international. Réactions dans l'état solide*; 1 feuillet 27 cm.

Extraits des *Cahiers de physique*. N° 18, 1943 : *Le ferromagnétisme de quelques sels aux basses températures. S'agit-il d'une forme nouvelle de l'aimantation*, par Gabriel Foëx.

N° 25, 1944 : *Le paramagnétisme de quelques sels du manganèse dans différents états de valence*, par ALBERT BIRCKEL; 2 fasc. 24 cm.

L'œuvre scientifique de Pierre Weiss, par GABRIEL FOËX. Extrait du T. XX, 1945, des *Annales de physique*; 1 fasc. 22,5 cm.

Propriétés magnétiques et répartition des électrons dans quelques alliages et composés définis, par GABRIEL FOËX, in *Helvetica physica Acta*. Vol. XXVI. Fasc. 3 et 4, 1953; 1 fasc. 22,5 cm.

Extraits des *Annales de l'École nationale d'agriculture de Rennes*. T. II, 1908 : *Traitement des semences par l'eau oxygénée. Action du fumier et du purin sur les semences de plantes adventices*, par ÉMILE MIÈGE. T. III, 1909 : *Le chauffage des semences*, par ÉMILE MIÈGE. Rennes, Imprimerie brevetée Francis Simon, 1909 et 1910; 2 fasc. 25 cm.

Recherches sur les principales espèces de fagopyrum (Sarrasin), par ÉMILE MIÈGE. Rennes, Imprimerie des arts et manufactures, 1910; 1 vol. 25 cm.

De l'influence du greffon, de la bouture et du drageon sur la constitution et les qualités des végétaux qu'ils servent à reproduire, par ÉMILE MIÈGE. Rennes, Imprimerie des arts et manufactures, 1914; 1 fasc. 24,5 cm.

Étude anatomique des pailles de Blés, par LOUIS BLARINGHEM et ÉMILE MIÈGE, in *Mémoires du Laboratoire de biologie agricole* de l'Institut Pasteur. Paris, 1914; 1 fasc. 24 cm.

Teneur en gluten des Blés ensemencés au Maroc et *sur une hypothèse relative à la fertilisation des terres par la stérilisation partielle*, par ÉMILE MIÈGE. Paris, 1923; 1 fasc. 24 cm.

De quelques caractères secondaires pouvant servir à la distinction des « sortes » dans les orges cultivées, par ÉMILE MIÈGE, in *Revue de viticulture*. T. LIX, n° 1514, 1923; 1 fasc. 24 cm.

Prove di coltivazione della barbarietola da Zucchero al Marocco, par ÉMILE MIÈGE. Piacenza, 1924; 1 fasc. 22 cm.

Note sur un cotonnier marocain, par ÉMILE MIÈGE, in *Annales du Musée colonial de Marseille*, 32ᵉ année, 4ᵉ série, 2ᵉ vol., 1924. Marseille, Faculté des sciences, Musée colonial, 1924; 1 fasc. 25 cm.

Valeur de la densité de l'épi comme facteur de sélection chez les céréales, par ÉMILE MIÈGE. Grenoble, 1925; 1 feuillet 24 cm.

Complexité de la descendance de deux hybrides intraspécifiques. Valeur génétique du groupe Triticum inflatum Vav., par ÉMILE MIÈGE; 1 feuillet 25 cm.

Extraits du *Bulletin de la Société des sciences naturelles du Maroc*. T. IV, nᵒˢ 5 et 6, 1924: *Sur les divers* triticum *cultivés au Maroc*. T. V, n° 6, 1925 : *Caractères des* triticum polonicium L *existant au Maroc*. T. VI, nᵒˢ 1 et 6, 1926 : *Note sommaire sur les* triticum vulgare H *marocains*. T. VIII, nᵒˢ 4 et 6, 1928 : *Note sur une variété spéciale d'ordre marocain*. T. X, nᵒˢ 1 et 6, 1930 : *Note sur le blé barbu d'Oran*, par ÉMILE MIÈGE. Rabat, Paris, Londres; 5 fasc. 25 cm.

Extraits de la *Revue de botanique appliquée et d'agriculture coloniale*. Vol. IV, nᵒˢ 39 et 40, 1924; *Sur quelques Blés du Soudan français et de la Mauritanie*. Vol. III, n° 72, 1927 : *Observation sur la précocité du Blé*. — Vol. IX, n° 91, 1929 : *Contribution à l'étude du cotonnier au Maroc*. — N° 196, 1937 : *Les agrumes du Maroc*. Nᵒˢ 225 à 229, 1940 :

L'utilisation du maïs et du sorgho sucrés comme plantes saccharifères et alcooligènes. — Vol. XXV, 1945, nᵒˢ 275-276 : *L'orientation de l'agriculture nord-africaine*, par ÉMILE MIÈGE. Paris, Laboratoire d'agronomie coloniale; 6 fasc. 24 cm.

Modification variétale chez une orge distique, par Émile Miège, in *Bulletin de la Société botanique de France*. T. 77, 1930. Paris, Au siège de la Société; 1 fasc. 24 cm.

Le mouchetage des grains de blé, par Émile Miège. Gap, Imprimerie Jean, 1930; 1 fasc. 23,5 cm.

Recherches sur la composition et la valeur industrielle des blés marocains, par Émile Miège. Rabat, Imprimerie H. Blanc et G. Gauthier, 1930; 1 fasc. 24 cm.

Enroulement et torsion des feuilles des céréales, par Émile Miège. Rabat, Imprimerie Foch, 1932; 1 fasc. 24 cm.

Étude de quelques caractères des feuilles de céréales, par Émile Miège. Rabat, Imprimerie Foch, 1932; 1 fasc. 24 cm.

La valeur boulangère des blés du Maroc en 1932, par Émile Miège. Casablanca, Imprimeries réunies, 1933; 1 vol. 24 cm.

Étude de la valeur semoulière des blés durs marocains, par Émile Miège. Rabat, Imprimerie franco-marocaine, 1933; 1 fasc. 24 cm.

L'expérimentation agricole au Maroc, par Émile Miège, in *Science au Maroc*. Casablanca, Imprimeries réunies, 1934; 1 fasc. 24 cm.

Variations morphologiques des blés, par Émile Miège. Extrait du *Bulletin mensuel de renseignements techniques* de la Revue internationale d'agriculture. 26e année, no 9, 1935; 1 feuillet 24 cm.

Extraits des *Annales des sciences naturelles*, séries *botanique et zoologie*, 1936; 10e série. T. XVIII : *Sur la descendance et la constitution des lignées à fleurs polycarpiques dans un hybride de* triticum vulgare H. — 1937, 10e série. T. XIX : *L'altitude, facteur écologique*, par Émile Miège. Paris, Masson et Cie; 2 fasc. 24,5 cm.

Sur le mode d'apparition de diverses espèces dans la descendance de deux hybrides interspécifiques de triticum, par Émile Miège. Extrait du *Livre jubilaire dédié au professeur Lucien Daniel*, 1936; 1 fasc. 27 cm.

Étude des hybrides entre zea *et* euchlena. I. *Hérédité du taux de l'azote chez* zea mays euchlæna mexicana, par C. Sosa-Bourdouil et Émile Miège, in *Bulletin biologique de la France et de la Belgique*. T. LXX, 1936. Fasc. 3. Paris, Laboratoire d'évolution des êtres organisés et Les Presses universitaires de France; 1 fasc. 25 cm.

Contribution à l'étude des sols du Maroc, par Émile Miège, in *Recherches du Sol*. Vol. V, 1937, no 4; 1 fasc. 24,5 cm.

Étude du bilan de l'eau et des éléments fertilisants dans quelques sols types du Maroc, par Émile Miège, in *Annales agronomiques*, 1937. Paris, Dunod 1937; 1 fasc. 24,5 cm.

Comparaison de diverses méthodes d'estimation de la valeur boulangère des blés, par Émile Miège. Extrait des *Comptes rendus* du Ve *Congrès international technique et chimique des industries agricoles*, 1937; 1 fasc. 24 cm.

Du rôle de la montagne dans la biologie végétale, par Émile Miège, in *Hesperis*, année 1937, 2e et 3e trim. Paris, Librairie Larose, s. d.; 1 fasc. 28 cm.

F. I. T. A. Premier Congrès international des engrais chimiques. Rome, 3-6 octobre 1938. Maroc français II/6 (79). *L'expérimentation des engrais chimiques au Maroc*. III/1(76). *Production et consommation des engrais au Maroc*, par Émile Miège; 2 fasc. 24 cm.

La question du sucre et de la betterave au Maroc, par Émile Miège. Extrait de la *Revue de géographie marocaine*, 1914. Casablanca. Imprimeries réunies; 1 fasc. 27 cm.

Association marocaine pour l'étude des sols. *Première étude sur les sols du Tadla*, par Émile Miège. Casablanca, Imprimeries réunies, 1941 ; 1 vol. 27 cm.

Extraits de la *Revue internationale de Botanique appliquée*, N°s 327-328, 1950 : *Les principales espèces et variétés de blés cultivés en Afrique du Nord.* N°s 341-342, 1951 : *Les céréales secondaires en Afrique du Nord. Les céréales en Afrique du Nord. Le maïs et le sorgho. La question du riz au Maroc*, par Émile Miège ; 2 fasc. 24 cm.

Variations spécifiques dans la descendance des hybrides de blé, par Émile Miège. Rabat, 1934 ; 1 feuillet 24 cm.

La production des lupins doux. Essais entrepris au Maroc, par Émile Miège ; 1 feuillet 24 cm.

La production des fourrages sous un climat sec, continental, extrême, par Émile Miège, 1 feuillet 23 cm.

La conservation et le conditionnement des céréales au Maroc, par Émile Miège, in *Revue de l'Intendance*, s. d. ; 1 fasc. 23 cm.

Méthodes de diagnose spécifique dans le triticum, par Émile Miège et J. Courtine. Alger, Société historique algérienne, s. d., 1 fasc. 24,5 cm.

Le maïs au Maroc, par Émile Miège. Extrait du *Sélectionneur* Vol. VI Fasc. 3, s. d. ; 1 fasc. 23 cm.

Note sur la précocité des céréales, par Émile Miège. Nancy, Société d'impressions typographiques, s. d. ; 1 feuillet 25 cm.

Influence de la fumure sur la valeur boulangère des blés, par Émile Miège. Rabat, s. d. ; 1 fasc. 24 cm.

Influence de divers procédés de désinfection sur la valeur boulangère et la faculté germinative des grains, par Émile Miège ; 1 fascc. 21 cm.

La percolation des eaux dans quelques sols types du Maroc, par Émile Miège. Alger, Société historique algérienne, s. d. ; 1 fasc. 24,5 cm.

(*A suivre.*)